CURRICULUM VITÆ
Notice des Titres et Travaux

Charles de IZARRA
professeur Classe Exceptionnelle (section 62 du CNU)
Université d'Orléans
Collegium Sciences et Techniques
Site de Bourges

Mars 2014

Université d'Orléans, Collegium Sciences et Techniques
Site de Bourges
rue G. Berger, BP 4043,
18028 Bourges Cedex
France
Tél : 02 48 27 27 42 — Fax : 02 48 70 75 41
E-mail : Charles.De_ Izarra@univ-orleans.fr

Table des matières

1 ACTIVITES PEDAGOGIQUES **6**
- 1.1 Introduction . . . 6
- 1.2 Période 1990-1999 . . . 6
  - 1.2.1 Mise en place de travaux pratiques . . . 6
  - 1.2.2 Travaux dirigés . . . 8
  - 1.2.3 Cours magistraux . . . 8
  - 1.2.4 Stage de mise à niveau . . . 9
- 1.3 Période 2000-2003 . . . 9
- 1.4 Période 2004-2014 . . . 10

2 TRAVAUX de RECHERCHE **11**
- 2.1 Introduction . . . 11
- 2.2 Travaux de recherche : période 1990-2000 . . . 12
  - 2.2.1 Etude interférométrique d'une colonne de plasma d'argon . . . 12
  - 2.2.2 Validation d'un modèle numérique d'écoulement de plasma . . . 12
  - 2.2.3 Spectroscopie des plasmas et étude de raies . . . 12
  - 2.2.4 Études de physique théorique . . . 13
  - 2.2.5 Opération stochasticité des arcs électriques . . . 14
- 2.3 Travaux de recherche : période 2000-2013 . . . 15
  - 2.3.1 Étude de plasmas transitoires. . . . 15
  - 2.3.2 Etude de plasmas de soudure MIG . . . 18
  - 2.3.3 Étude de la zone périphérique d'une colonne d'arc . . . 18
  - 2.3.4 Caractérisation de nanomatériaux générés par voie plasma . . . 19
  - 2.3.5 Mesures des hautes températures. Interférométrie laser. Interférométrie stationnaire. Ombroscopie quantitative. Déflectométrie par franges de moiré. Simulation de spectres moléculaires : spectre du radical OH et de MgO . . . 21
  - 2.3.6 Étude théoriques des décharges optiques (débuté en 2013) . . . 28
  - 2.3.7 Analyse du fonctionnement d'un moteur ionique à effet Hall (débuté en 2013) 28
  - 2.3.8 Collaborations diverses . . . 28

3 Publications. Communications. Referee d'articles. Rapports et séminaires. **29**
- 3.1 Publications dans des revues à comité de lecture . . . 29
- 3.2 Conférences internationales. Communications . . . 34
- 3.3 Conférences nationales . . . 38
- 3.4 Conférences et séminaires : Diffusion des Connaissances et rayonnement Scientifique 44
- 3.5 Referee d'articles . . . 47
- 3.6 Rapports divers et thèses . . . 47
- 3.7 Stages et séjours en laboratoire . . . 48
- 3.8 Séminaires et journées d'études . . . 48

4 Participation à des jurys de thèse. Encadrements de stagiaires. **50**
- 4.1 Participation à des jurys de thèses . . . 50
- 4.2 Encadrements de stagiaires . . . 54
- 4.3 Encadrement de thèse et d'études post-doctorales. . . . 59

5 RESPONSABILITÉS ADMINISTRATIVES **61**
5.1 Recherche 61
5.1.1 Organisation de séminaires et colloques 61
5.1.2 Gestion de contrats de recherche 61
5.2 CNU. Conseils. Commissions de spécialistes d'établissements 62
5.3 Enseignement 62
5.4 Diffusion de la culture scientifique. Liaisons avec l'enseignement du second degré. Divers 63
5.5 Direction de l'antenne de l'UFR sciences à Bourges 64

6 Résumé des données présentées **64**

7 Liste des documents fournis (tirés à part d'articles) **64**

CURRICULUM VITÆ

Nom :	de IZARRA
Prénoms :	Charles, Antoine
Date et lieu de naissance :	30 mai 1961 à Chinon (37)
Nationalité :	Française
Situation de famille :	Marié, 3 enfants
Service national :	Effectué du 1/08/84 au 31/07/85
Adresse :	9, Route de Coillard, 18110 Saint-Georges-sur-Moulon Tél : 02 48 50 07 14
Fonction :	Professeur Classe Exceptionnelle en physique (section 62 du CNU)
Établissement actuel :	Centre Universitaire de Bourges Collegium Sciences et Techniques, Université d'Orléans rue G. Berger, B.P. 4043, 18028 BOURGES cedex **GREMI** Groupe de Recherche sur l'Énergetique des Milieux Ionisés, UMR7344 Université d'Orléans - CNRS, Faculté des Sciences, Site de Bourges, rue Gaston Berger, BP 4043, 18028 BOURGES Cedex, France. Tél : 02 48 27 27 42 Fax : 02 48 70 75 41 E-mail : Charles.De_ Izarra@univ-orleans.fr
Distinction :	Chevalier dans l'Ordre des Palmes Académiques (décret du 10/10/03) Officier dans l'Ordre des Palmes Académiques (décret du 25/08/2010)

TITRES UNIVERSITAIRES

- Baccalauréat série C : juin 1979 à Tours.
- DEUG A : 1981 à Tours.
- Licence ès Sciences Physiques : 1982 à Tours.
- Maîtrise ès Sciences Physiques : 1983 à Tours.
- DEA de physique des Gaz et des Plasmas : 1985 à Orléans.
- Doctorat en Physique de l'Université d'Orléans soutenu en 1988, intitulé : *"Contribution à l'étude de colonnes de plasma d'argon dans un domaine étendu de températures (2000 K ; 14000 K)"* sous la direction de M. Chapelle, Professeur à l'Université d'Orléans.
  Jury : J. Chapelle (Pr), A. Czernichowski (Pr), N. Tran Minh (Directeur de Recherches au CNRS), A. Bouchoule (Pr), E. Fabre (Pr), F. Kassabji (Ingénieur), J. Picart (Chargée de Recherches au CNRS), P.L. Violet (Ingénieur), N. Bel (Chargée de Recherches au CNRS), G. Chambaud (Pr), O. Vallée (Pr).
- Habilitation à diriger des recherches en Physique soutenue le 1 décembre 1994 à l'université d'Orléans, intitulée : *"Étude de plasmas d'arcs électriques : diagnostics spectroscopiques et analyses spectrales"* sous la direction de M. Chapelle, Professeur à l'Université d'Orléans.
  Jury : J. Chapelle (Pr), B. Held (Pr), N. Tran Minh (Directeur de Recherches au CNRS), J. Picart (Chargée de Recherches au CNRS), P. Fauchais (Pr), O. Vallée (Pr), R. Vergnes (Ingénieur).

Fonctions dans l'enseignement supérieur

- Septembre 1990 : Maître de Conférences stagiaire en physique, section 62 du CNU.
- Septembre 1992 : Maître de Conférences titulaire en physique.
- Septembre 1994 : Maître de Conférences première classe.
- Septembre 1998 : Professeur des Universités (2C).
- Septembre 2003 : Professeur des Universités (1C).
- Septembre 2012 : Professeur des Universités CEx.
- Titulaire du contrat d'encadrement doctoral depuis le 01/10/96 (dernier contrat terminé en 2012). Titulaire de la Prime d'Excellence Scientifique (PES) depuis septembre 2012.
- Directeur du site de l'UFR-Sciences à Bourges du 17 avril 2000 au 4 septembre 2013.

1 ACTIVITES PEDAGOGIQUES

1.1 Introduction

J'ai été recruté en 1990 sur un poste de Maître de Conférences en physique (section 62 du CNU) pour m'occuper principalement de la mise en place des travaux pratiques de physique dans l'Antenne Universitaire de Bourges (Antenne de l'Université d'Orléans, Faculté des Sciences), qui a ouvert le 15 septembre 1990. Cette Antenne Universitaire délivrait le DEUG de Sciences, cursus 1 (Mathématiques, Physique et Informatique), ainsi que les diplômes de Licence et de Maîtrise de Technologie Mécanique, ces deux dernières filières ayant respectivement ouvert en septembre 1992 et en septembre 1993.

J'ai décidé de scinder la présentation de mes activités pédagogiques en trois périodes :

- La période 1990-1999.
- La période 2000-2003, qui correspond à ma nomination à la direction de l'antenne de la faculté des sciences à Bourges.
- La période 2004-2014 qui correspond à l'évolution des formations vers le système européen (LMD), mais aussi à la création de l'INSA Centre Val de Loire en janvier 2014.

1.2 Période 1990-1999

1.2.1 Mise en place de travaux pratiques

Le développement des travaux pratiques de physique à l'Antenne Universitaire de Bourges (DEUG Première et Deuxième années, Licence de Technologie Mécanique) a fait l'objet de la rédaction de plusieurs polycopiés (7 polycopiés). A chaque fois que cela a été possible, je me suis efforcé de rentabiliser ce travail pédagogique, en publiant les expériences les plus originales dans des revues à comité de lecture (Publications P8, P10, P11, P13 et P14). Enfin, il convient de souligner que certaines expériences originales mises au point à l'Antenne Universitaire de Bourges ont été reprises à Orléans et dans d'autres universités (Cergy-Pontoise, Orsay, Bretagne Sud).

Travaux pratiques de première année (1990). Avec le Professeur O. Vallée, directeur de l'Antenne Universitaire de Bourges, et responsable de l'enseignement de la physique de 1ère année, il a semblé très important de profiter des crédits d'installation assez importants fournis par le Département du Cher pour élaborer un enseignement de travaux pratiques de physique à la fois moderne, original et motivant pour les étudiants.

Tout d'abord, les expériences ont été choisies afin qu'elles soient une application directe du cours de physique dispensé en première année (Mécanique et Électromagnétisme). Je me suis personnellement occupé de fournir des listes de matériel bien avant la rentrée universitaire, afin que l'enseignement des travaux pratiques soit opérationnel dès l'ouverture de l'antenne.

Ne disposant alors pas de l'aide d'un technicien, il m'a fallu, en plus de la rédaction des textes de polycopiés et de la mise au point des différentes expériences, installer les salles de travaux pratiques, et assurer le planning horaire des différents groupes d'étudiants.

Les Travaux Pratiques développés en première année sont au nombre de 16, et se répartissent selon :

- 4 TP de prise en main du matériel
- 6 TP d'électricité et d'apprentissage de la mesure
- 6 TP de mécanique.

Les matériels de base de l'enseignement de travaux pratiques dispensé au DEUG de Bourges sont des oscilloscopes à mémoire numériques, qui peuvent être utilisés à la fois en électricité, en mécanique et même dans les expériences d'optique. Il jouent le rôle de centrales d'acquisition de mesures à moindre prix, et sont très facilement interfacés avec un calculateur de bureau par l'intermédiaire de la voie série.

L'informatique appliquée occupe une place importante dans les TP de première année. Pour cela, il m'a fallu écrire et mettre au point des programmes spécifiques, facilement utilisables par les étudiants, et sans pour cela tomber dans le piège de l'expérience totalement automatisée. Enfin, il faut ajouter que les polycopiés de travaux pratiques donnent systématiquement le mode d'emploi du programme que les étudiants doivent utiliser. Des calculateurs de bureau ont également été prévus en libre service pour que les étudiants puissent tracer des courbes et effectuer des calculs d'ajustage. De plus, les étudiants peuvent garder une trace papier de leur travail en effectuant des copies d'écran sur imprimante. Cette utilisation de l'informatique dans les travaux pratiques de physique a fait l'objet de la communication (C12) au Congrès de la Société Française de Physique de septembre 1991.

Parmi les 16 TP proposés, on peut mentionner la mesure de la constante de gravitation universelle par la méthode de Cavendish, que nous avons voulu inscrire dans un cadre plus général intitulé "Mesures des constantes fondamentales de la physique". On peut aussi signaler l'existence d'une expérience totalement numérique qui permet aux étudiants de découvrir et de réaliser des mesures sur des oscillateurs non linéaires : pendule non linéarisé et oscillateur entretenu de van der Pol. Cette expérience fait clairement découvrir l'espace des phases et donne quelques notions sur des fonctions spéciales de la physique mathématique (intégrales elliptiques complètes de première espèce).

Travaux pratiques de deuxième année (1991). Le programme de physique de deuxième année de DEUG comprend l'Optique Géométrique, l'Optique Ondulatoire, l'Électromagnétisme et quelques options (Mécanique du solide, Électricité et Physique Contemporaine). Les 12 travaux pratiques que j'ai mis au point et montés, permettent de couvrir l'ensemble de ce programme.

Dans les expériences d'optique, on peut mentionner l'utilisation de barrettes à DTC (Dispositifs à Transfert de Charges), qui, fonctionnant comme des plaques photographiques électroniques, permettent de visualiser objectivement les intensités lumineuses. Ces capteurs, utilisés dans les expériences de diffraction par des ouvertures diverses (fentes, trou...), donnent directement la figure de diffraction sur un oscilloscope. Les données sont transférées dans un calculateur où elles sont traitées à l'aide d'un programme spécifique. Ces expériences d'optique avec les capteurs à DTC ont fait l'objet d'une publication dans American Journal of Physics (Publication P10).

Un exemple d'expérience de l'option "Physique Contemporaine" est la découverte du mouvement brownien et de la percolation de site, en exploitant le générateur de nombres aléatoires d'un calculateur de bureau. À partir d'un programme simple, les étudiants génèrent des parcours aléatoires dans un plan ce qui permet de dégager les lois classiques de la marche au hasard.

Enfin, pour que la formation des étudiants soit la plus générale possible, j'ai rédigé un des textes des manipulations en langue anglaise (l'expérience de Millikan) ; lors de la rédaction de leur compte-rendu, les étudiants sont invités à utiliser l'anglais.

Travaux pratiques de licence de technologie mécanique (1992). Pour illustrer le cours de mécanique vibratoire dispensé aux étudiants de la Licence de Technologie Mécanique (Option Productique) par le Pr O. Vallée, j'ai mis en place 6 expériences de mécanique dont une a été publiée dans le Bulletin de l'Union des Physiciens. Parmi ces TP, on peut mentionner la mise au point d'une expérience d'oscillateur non-linéaire qui simule l'équation différentielle de Duffing, et permet de découvrir le

comportement chaotique d'un système bi-stable. Cette expérience a été présentée au Salon de l'Innovation, de la Recherche et des Transferts de Technologie (SIRITT 1993, Bourges) ainsi qu'à un Congrès National de la Société Française de Physique (Communication C15).

Travaux pratiques pour la réforme des DEUG (1995). La mise en place de la réforme des DEUG en 1995 m'a nécessité de repenser les travaux pratiques de physique de deuxième année. J'ai donc mis au point 4 nouvelles expériences (en thermodynamique avec la mesure du rapport des chaleurs spécifiques γ de l'air avec le cycle de Otto et en physique contemporaine avec la synthèse de signaux périodiques en utilisant les séries de Fourier).

1.2.2 Travaux dirigés

DEUG Sciences et Structures de la Matière — DEUG Sciences Cursus 1. À coté de la préparation et de la responsabilité de l'enseignement des travaux pratiques, j'ai assuré (en 1990-1991 et en 1991-1992) des travaux dirigés de physique en DEUG première année (Mécanique, Electrostatique et Magnétostatique) ainsi qu'en DEUG deuxième année (Optique et Electromagnétisme). J'ai également assuré les travaux dirigés de l'option P4 (Introduction à la Physique Contemporaine) en utilisant occasionnellement un support informatique, nécessaire pour aborder des phénomènes tels que la Percolation, la Bifurcation de Feigenbaum ou encore l'étude de la Boussole de Croquette.

Après 1995, j'ai assuré les travaux dirigés de thermodynamique (18 heure) et depuis la rentrée universitaire 2000-2001, également les travaux dirigés d'électromagnétisme et de propagation des ondes (28 heures).

Ayant été responsable du cours d'électrostatique de première année de DEUG, j'ai en charge la rédaction et la mise au point de nouveaux travaux dirigés, en phase avec mon cours. Ceci fait suite à la réforme des enseignements à la suite d'un nouveau plan quadriennal.

Licence de Technologie Mécanique. Depuis l'ouverture de la Licence de Technologie Mécanique (Option Productique) en septembre 1992 jusqu'en 1999, j'ai assuré les travaux dirigés de Mécanique Vibratoire (18 h TD) comme application du cours magistral du Pr O. Vallée (formalisme lagrangien, systèmes à plusieurs degrés de liberté, oscillateurs non-linéaires). À partir de septembre 1998, j'ai assuré les travaux dirigés de mécanique des fluides (18 heures annuelles).

1.2.3 Cours magistraux

DEUG Sciences et Structures de la Matière. Après la rentrée universitaire 1993, je n'ai plus participé à l'enseignement de Travaux Pratiques de Physique, ni à l'enseignement des TD de première année. J'ai assuré jusqu'en 1999 le cours et les travaux dirigés de l'option *Introduction à la Physique Contemporaine* en DEUG 2ème année qui couvrait un très large domaine (Mécaniques lagrangienne et hamiltonienne, Notions de physique statistique...). Ce cours était illustré par des expériences faites devant les étudiants.

J'ai assuré également le cours magistral de Thermodynamique Classique (18 heures) dans le cadre d'une option de DEUG 2ème année. Lors de la présentation aux étudiants des notions très abstraites de température, d'énergie interne ou d'entropie, j'ai toujours pris soin de faire appel aux notions microscopiques (énergie cinétique moyenne, degrés de liberté des molécules du système étudié), seules capables de faire comprendre et de justifier les Principes de la thermodynamique macroscopique. Ce cours a fait l'objet d'un polycopié.

Licence de Technologie Mécanique et licence SPI. La licence de Sciences de la Production Industrielle a ouvert en septembre 1998, et j'y ai assuré le cours et les travaux dirigés de mécanique des fluides dans ces deux licences (18 heures de cours et 18 heures de travaux dirigés). J'ai eu la charge du développement des travaux dirigés.

Maîtrise de Technologie Mécanique. Dans la Maîtrise de Technologie Mécanique, j'ai été responsable d'une unité de valeur en énergétique dans laquelle j'ai effectué un cours-TD (24 heures) de transferts thermiques : conduction, rayonnement et convection. Ce cours a fait l'objet d'un polycopié.

1.2.4 Stage de mise à niveau

Les étudiants inscrits en Licence de Technologie Mécanique étant issus d'horizons et de formations très différents, un stage de mise à niveau obligatoire a été organisé à l'entrée de la Licence. J'ai organisé et assuré la totalité de ce stage intensif (90 heures sur 3 semaines en septembre 1992 et 60 heures en 2 semaines chaque année depuis septembre 1993) qui couvre l'enseignement de mathématiques pour physiciens (analyse, calcul vectoriel, opérateurs différentiels..), la mécanique enseignée en DEUG (notions de potentiel, oscillateurs, mécanique du point et du solide...) et quelques notions d'informatique. Des tests écrits sont organisés pendant le stage de mise à niveau. J'ai abandonné ce stage lors de ma prise de fonction de directeur de l'antenne de la faculté des sciences à Bourges en avril 2000.

1.3 Période 2000-2003

Montage de nouveaux travaux pratiques : 2000-2001. L'antenne de la faculté des sciences de Bourges ayant obtenu des fonds (reliquats du XIe plan Etat-Région) pour s'équiper en matériel de travaux pratiques, et ainsi améliorer l'existant, j'ai participé à la mise en place de nouveaux travaux pratiques.

J'ai mis à jour certaines expériences montées dans le passé, et j'ai également développé, rédigé et testé de nouvelles expériences pour les licences et les maîtrises TM et SPI. Au total, cette charge de travail m'a permis de produire une dizaine d'expériences actuellement opérationnelles.

Tableau des enseignements de la période 2000-2003

Matière enseignée	Volume horaire en H Equ. TD
Cours et TD d'électrostatique DEUG 1	40
Cours et TD de thermodynamique DEUG 2	50
Cours et TD de mécanique des fluides Licence	50
Cours et TD de transferts thermiques Maîtrise	40
Cours et TD d'énergie éolienne Maîtrise	12
Total	192

Enseignements à l'ENSIB. De 2000 à 2003, j'ai j'assuré les cours de transferts thermiques (9 heures) à l'École Nationale des Ingénieurs de Bourges, en mettant l'accent sur les risques et leurs préventions dans le cadre des transferts thermiques : portes coupe-feu, chocs thermiques...

1.4 Période 2004-2014

Le passage au LMD mis en place à la rentrée 2004, a nécessité de modifier en profondeur l'offre de formation de l'antenne de la faculté des sciences à Bourges, qui a obtenu la reconnaissance par le Ministère de ses propres mentions au niveau licence et au niveau master. J'ai coordonné le travail de rédaction des dossiers d'habilitation de ces formations.

J'assure la responsabilité de la mention de master Expertise, Mesure et Diagnostics qui possède une voie recherche et une voie professionnelle. Ces deux voies ont été fusionnées lors de habilitation de cette formation pour le plan quadriennal 2008-2012.

Enseignement à l'École Hubert Curien, Campus du CESAL, Chambre de Commerce et d'Industrie du Cher. L'ouverture d'une formation en apprentissage (niveau BAC+3-BAC+5) à l'école Hubert Curien de Bourges dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments m'a été l'occasion de mettre en place un COURS-TD sur les transferts thermiques à destination d'un auditoire différent de celui rencontré dans les filières générales universitaires. Le volume horaire est de 40 heures équivalents TD. À la rentrée universitaire 2009-2010, une convention entre l'École Hubert Curien et l'université d'Orléans a permis la création d'un diplôme universitaire (DU) sur l'ingénierie et la gouvernance des risques, dont j'ai assuré la responsabilité au sein de l'université pendant 3 années. Je me suis particulièrement impliqué dans ces formations, en assistant aux soutenances de stages, et en participant aux divers jurys.

L'évolution de ces formations en apprentissage vers un nouveau département de l'INSA Centre Val de Loire (département ERE : Énergétique, Risques, Environnement) a nécessité de modifier les contenus des différentes unités d'enseignement. J'ai pris part aux discussions et à l'analyse des diverses fiches d'enseignement correspondant à mon domaine de compétences.

Enseignement dans le cadre de l'INSA. Dès la rentrée universitaire 2012, des étudiants se sont inscrits à l'ENSI de Bourges dans le cadre d'un partenariat INSA, et d'un cycle préparatoire intégré. J'ai assuré des enseignements de première année en mécanique (cours et TD) et de deuxième année en électromagnétisme (ccours et TD).

Tableau des enseignements de la période 2000-2014 (faculté des sciences)

Matière enseignée	Volume horaire en H Equ. TD
Cours et TD sur les opérateurs de la physique Licence 1	22.5
Cours d'électrostatique Licence 1	15
Cours et TD d'électromagnétisme Licence 2 remplacés par Calcul numérique (depuis 2008)	37.5 37.5
Cours et TD de thermodynamique Licence 2	51
Cours de mécanique des fluides Licence 3	27
Cours et TD de transferts thermiques Maîtrise Master M1	24.5
Cours et TD de mesures non intrusives Master M2	15
Total	192

2 TRAVAUX de RECHERCHE

2.1 Introduction

L'objectif principal de mes recherches est l'étude des plasmas d'arcs électriques (dits "plasmas froids") qui présentent de l'intérêt à la fois sur le plan de la physique fondamentale et dans les domaines industriels et technologiques.

La présentation des activités de recherche est scindée en deux périodes :

- la période 1990-2000 pendant laquelle l'équipe de recherche implantée à l'antenne de la faculté des sciences de Bourges faisait partie du laboratoire GREMI (Groupe de Recherche sur l'Énergétique des Milieux Ionisés) implanté à l'Université d'Orléans,
- la période 2000-2008, qui correspond à la création à la faculté des sciences de Laboratoire d'Analyse Spectroscopique et d'Energétique des Plasmas (LASEP : UPRES-EA 3269) qui regroupe 11 enseignants-chercheurs du site de l'université d'Orléans à Bourges (UFR sciences à Bourges et IUT de Bourges). Depuis sa création, je suis responsable d'une des équipes de recherche du LASEP.
- Depuis janvier 2009, le LASEP a été intégré dans le laboratoire GREMI (Groupe de Recherche sur l'Énergetique des Milieux Ionisés, UMR7344 Université d'Orléans - CNRS. L'équipe de recherche dont j'assure la responsabilité apparaît dans plusieurs axes de recherche répertoriés au GREMI.

La partie (2.2.1) donne un aspect assez fondamental de mes travaux avec l'étude interférométrique d'une colonne de plasma d'argon, en vue d'évaluer expérimentalement et théoriquement la contribution des états excités de l'argon à la réfractivité globale du plasma.

La partie (2.2.2) traite de l'aspect technique de mes recherches, et a pour objet la validation d'un modèle numérique d'écoulement de plasma (modèle HADES) élaboré par le Laboratoire National d'Hydraulique (LNH) (Chatou).

La partie (2.2.3) est en quelque sorte le pont entre les deux premières parties, puisque les études expérimentales précédentes sont essentiellement basées sur des études spectroscopiques. Il s'est révélé nécessaire de développer un appareillage spécifique adapté à mes besoins (étude de sources stables dans le temps, et très intenses). C'est dans ce but que j'ai développé un Analyseur Optique Multicanal autour d'une barrette de photodiodes couplée à un dispositif à transfert de charges (DTC). Une approche originale de ce nouveau type de détecteur a permis de l'exploiter dans des conditions optimales de fonctionnement.

La section (2.2.4) présente un échantillon de mes travaux théoriques menés en collaboration avec de Département Atomes et Molécules en Astrophysique de l'Observatoire de Paris-Meudon, sous la direction de N. Tran Minh, Directeur de Recherches au CNRS, de S. Klarsfeld, Directeur de Recherches au CNRS et de O. Vallée, Professeur à l'Université d'Orléans. Le principal attrait de ces travaux réside dans leur application quasi immédiate dans les domaines expérimentaux.

La section (2.3) présente les activités de recherche menées depuis 2000, et traite des thèmes suivants :

- Génération de gaz à hautes températures : plasmas stationnaires et transitoires.
- Spectroscopie optique d'émission.
- Spectres atomiques et spectres moléculaires.
- Simulation numérique de spectres atomiques et moléculaires.
- Interférométries optiques stationnaire et transitoire.
- Photoacoustique sur des nanomatériaux métalliques générés par voie plasma (fils explosés).

2.2 Travaux de recherche : période 1990-2000

2.2.1 Etude interférométrique d'une colonne de plasma d'argon

Les études auxquelles est consacrée cette section ont fait l'objet de mon stage de DEA, de la première partie de ma thèse, ainsi que de la publication P1.

L'interférométrie optique (dans le visible) est une puissante méthode de diagnostic des plasmas et permet de mesurer la densité électronique sans faire d'hypothèse majeure sur l'existence d'un état d'équilibre thermodynamique au sein du plasma. Dans les modèles, chaque entité du plasma (électron, ion, atomes neutre dans leur état fondamental et dans leurs états excités) apporte sa contribution dans la réfractivité globale du plasma.

Dans la littérature, la contribution des états excités de l'argon a suscité de nombreuses controverses, et les résultats publiés sont contradictoires, soit à cause de difficultés expérimentales (références d'indices) soit à cause d'une mauvaise approche théorique.

L'expérience a consisté à éliminer tous les effets parasites possibles en utilisant deux arcs Maecker identiques mais de longueurs différentes placés dans les bras d'un interféromètre de Mach-Zehnder. Les résultats expérimentaux donnent une très faible contribution des états excités.

D'un point de vue théorique, la réfractivité s'exprime en fonction de la densité d'une espèce (ici un état excité) et de la polarisabilité dynamique de cette espèce. Le calcul de la polarisabilité dynamique suppose de connaître toutes les forces d'oscillateur des transitions qui concernent ce niveau. Pour tous les niveaux d'énergie de l'argon donnés par les tables de Moore, j'ai calculé les forces d'oscillateur des transition permises en utilisant une méthode semi-classique mise au point en collaboration avec l'Observatoire de Paris-Meudon. Les résultats théoriques sont en accord avec les résultats expérimentaux et montrent que la contribution des états excités de l'argon est inférieure à 1% de la réfractivité globale du plasma.

2.2.2 Validation d'un modèle numérique d'écoulement de plasma

Cette étude a été effectuée dans le cadre d'un contrat de recherche proposé par le Laboratoire des Plasmas thermiques EDF dans le but de valider un modèle numérique d'écoulement de plasma. Une configuration simple, de géométrie axisymétrique constituée d'une torche à plasma de faible puissance et d'un dispositif d'injection annulaire d'argon froid a été étudiée au laboratoire. Cette étude a fait l'objet de la deuxième partie de ma thèse, des communications (C2, C13) et des publications (P2, P5).

Le diagnostic spectroscopique de la torche à plasma par spectroscopie d'émission fournit les conditions d'entrée du modèle. L'évolution du mélange entre le plasma et le gaz froid est suivie en mesurant :

- les températures moyennes avec des sondes in-situ, puis avec une méthode interférométrique en temps réel
- les vitesses en utilisant l'anémomètrie laser Doppler.

La confrontation des résultats expérimentaux et des résultats numériques tend à remettre en question le modèle de turbulence adopté pour décrire les jets de plasma.

2.2.3 Spectroscopie des plasmas et étude de raies

Les études précédentes font appel aux techniques spectroscopiques et optiques (interférométrie, étude de raies). Pour étudier des sources plasma stables sur une durée assez courte, tout en prenant un nombre de spectres représentatif de la structure étudiée (nécessité de faire la transformation d'Abel) il a fallu développer un appareillage adapté à mes besoins. J'ai élaboré et conçu un analyseur optique

multicanal autour d'une barrette à DTC (Dispositif à Transfert de Charges) de 1754 photodiodes exploitées dans des conditions optimales de fonctionnement afin d'obtenir un spectre non déformé.

Le système, tel qu'il est décrit dans la publication C3 et dans une annexe de ma thèse, fonctionne comme une plaque photographique électronique, et le temps d'exposition est variable de 1 ms jusqu'à 1 s. La gestion et le pilotage du système est intégralement confié à un oscilloscope à mémoire numérique dont l'horloge permet une synchronisation parfaite entre le timing interne de la barrette et la phase d'échantillonnage-stockage dans la mémoire de l'oscilloscope. Pour fixer les idées, il est possible d'échantillonner et de stocker 2000 points en un temps inférieur à 1ms, ce qui n'est pas concevable avec les cartes d'acquisition classiques. Un micro-ordinateur de bureau permet le stockage et le traitement des données ainsi numérisées (déconvolution de profils de raies, filtrage, FFT, ajustage sur des profils théoriques). Pour cela, il m'a été nécessaire de développer mes propres programmes informatiques (gestion de moteurs pas à pas, transferts de données, et traitement de données). Les programmes ont été développés avec les dernières générations de langage Basic (compilateur Quick-Basic), qui permettent une grande facilité de mise au point et une grande rapidité d'exécution.

Il est utile de souligner que ce type de montage est adaptable à des barrettes à DTC couvrant d'autres domaines spectraux (UV, X).

L'analyseur optique ainsi réalisé à permis l'étude de bandes moléculaires des molécules CN et C_2, ainsi que l'étude détaillée d'une raie étalon du spectre de l'argon neutre (raie 430.0 nm) (Publication P6).

Pour diagnostiquer les plasmas d'argon étudiés dans ma thèse, j'ai utilisé la raie 430 nm de l'argon neutre qui est considérée comme la raie étalon du spectre de l'argon. Mes mesures ont clairement montré que le profil de cette raie est très nettement asymétrique, ce qui est en contradiction avec les prédictions théoriques. J'ai étudié ce point en détail, en faisant varier les paramètres de contrôle des arcs étudiés (pression ...). Il s'avère qu'une augmentation de la pression dans la chambre d'arc a pour effet de renforcer l'asymétrie de la raie. Pour expliquer cette asymétrie, je propose de prendre en considération soit une transition interdite du spectre de l'argon neutre, soit une bande moléculaire du spectre de Ar_2^+. Les résultats de cette étude nécessiteront certainement de modifier les données spectroscopiques de l'argon qui ont été basées sur la raie 430 nm de l'argon neutre.

2.2.4 Études de physique théorique

Beaucoup de grandeurs et de paramètres atomiques intéressant les expérimentateurs (paramètres des états de Rydberg, forces d'oscillateur et probabilités de transition) sont calculés théoriquement en considérant les intégrales radiales multipolaires dans le cadre de l'Approximation Coulombienne.

Calcul des intégrales radiales octupolaires Pour parachever le travail théorique débuté voici maintenant plusieurs années entre le Groupe de Recherche sur l'Energétique des Milieux Ionisés (Université d'Orléans) et le Département Atomes et Molécules en Astrophysique (Observatoire de Meudon), le cas des intégrales radiales octupolaires a été envisagé. Deux méthodes ont été appliquées : l'approximation W.K.B. (Q.D.) [B. Oumarou et al, Phys. Rev. A, 37 1885-94 (1988)] et la méthode d'extrapolation de Picart [J. Picart et al, J. Phys. B. 11 L 651-4]. Cette dernière méthode m'a nécessité d'adapter le programme d'Edmonds [A. R. Edmonds and B. A. Kelly, Communication Privée, (1978)] aux transitions octupolaires. On a pu ainsi montrer, à la fois numériquement et théoriquement, que les intégrales radiales octupolaires pouvaient s'exprimer de façon simple en fonction de grandeurs déjà définies pour le dipôle. Les résultats théoriques obtenus ont été comparés aux données de Garstang [R. H. Garstang, J. Phys. B. 1 847-9 (1968)]. L'ensemble de ces travaux est consigné dans les publications P3, P4 et P9.

Calcul des fonctions de Whittaker L'utilisation de l'Approximation de Coulomb conduit à pouvoir exprimer les fonctions d'onde radiales électroniques à l'aide des fonctions de Whittaker, qui sont des fonctions spéciales de la physique mathématique apparaissant dans d'autres domaines, comme en mécanique des fluides. Pour calculer ces fonctions, la plupart des auteurs utilisent un développement asymptotique convenablement tronqué [D. R. Bates and A. Damgaard, Phil. Trans. R. Soc. A242 101 (1949)], qui ne permet d'approcher ces fonctions qu'avec une précision restreinte. On ne soulignera pas assez le comportement très particulier des développements asymptotiques, qui ne sont valables que pour les grandes valeurs de l'argument, et qui se mettent à diverger dès que le nombre de termes considérés dépasse une certaine valeur critique. Pour éviter les inconvénients inhérents aux développements asymptotiques, d'autres représentations, à notre connaissance jamais utilisés par les physiciens ont été envisagées : séries ascendantes et représentations intégrales. L'utilisation des Approximants de Padé permet de forcer et d'accélérer le processus de convergence de séries, donc d'obtenir les valeurs exactes des fonctions.

Calcul des intégrales radiales dipolaires pour des transitions entre états faiblement excités Les nombreuses formulations mathématiques des intégrales radiales dipolaires dans le cadre de l'Approximation de Coulomb [Bates et Damgaard (1949), méthode WKB-(QD), et les méthodes A, B et C de S. Klarsfeld (1989) donnent des valeurs de forces d'oscillateur (ou d'intégrales radiales) presque identiques pour des transitions entre états faiblement excités. En se basant sur des éléments de structure simple (Sodium et Lithium) dont les forces d'oscillateur ont été mesurées avec précision, on est en mesure d'affirmer quelle méthode (parmi celles évoquées ci-dessus) est la plus précise et la plus fiable pour calculer les forces d'oscillateur. L'étude menée a montré que la méthode de Bates et Damgaard donnait les résultats théoriques les plus proches des résultats expérimentaux.

2.2.5 Opération stochasticité des arcs électriques

Mes travaux de recherches concernent toujours l'étude des arcs électriques afin de mieux les modéliser et de compléter mes travaux antérieurs. Dans un premier temps, une étude basée sur l'analyse dimensionnelle et sur l'application du théorème Π de Buckingham a montré qu'il était possible d'extraire des nombres sans dimension et des lois d'échelle pour les générateurs à plasmas d'arcs.

Mes travaux s'inscrivent dans le programme de recherche général de notre équipe. Il s'agit d'étudier la stabilité des plasmas d'arcs électriques, en considérant des quantités facilement accessibles telles que : la tension d'arc, les émissions sonores ou bien encore la lumière émise par le plasma. Les résultats obtenus tendent à montrer que le passage du régime laminaire au régime turbulent pouvait être décrit par la théorie universelle proposée par M. Feigenbaum (1978), qui considère le passage à la turbulence comme une succession de cascade de bifurcations en fréquence : le régime est alors qualifié de régime chaotique (au sens du chaos déterministe). L'analyse en fréquence des signaux émis par le générateur à plasma d'arc soufflé montre nettement l'existence d'une fréquence caractéristique qui dépend du débit de gaz plasmagène, du diamètre de l'anode, mais qui ne dépend pas de la valeur du courant d'arc. On peut ainsi envisager de proposer un écoulement "de type piston" pour décrire le fonctionnement des plasmas d'arcs soufflés. Ces travaux ont fait l'objet du stage de DEA de physique des gaz et des plasmas de R. Pauvit (1993).

L'étude en cours sur la stochasticité des arcs électriques est essentiellement basée sur de nouvelles méthodes d'analyse à mettre en oeuvre pour étudier les signaux expérimentaux enregistrés : l'analyse en ondelettes a été implantée. Ce travail fait partie du sujet de thèse de R. Pauvit que j'ai co-encadré avec le professeur O. Vallée. Ces travaux sur la fluctuation des plasmas d'arcs électriques dans les

plasmatrons a fait l'objet des communications (C14, C22, C24, C25) et des publications (P7, P15, P16 et P19).

Dans le cadre d'un contrat européen ("Opération Plasmas Froids", mesure 16 de l'Objectif 2, fonds FEDER), et en collaboration avec la société Auxitrol, j'ai travaillé sur un projet de mesure de températures dans les gaz chauds (gaz de combustion de moteurs de fusées, réacteur, et stato-réacteur) à l'aide de méthodes optiques non intrusives. Dans la gamme de températures prévues (inférieures à 5000 K), on peut effectuer des mesures de températures en utilisant les bandes d'émission moléculaires de molécules diatomiques. Ces spectres moléculaires sont tout d'abord simulés sur calculateur, puis étudiés expérimentalement au laboraoire. La mise au point d'un pyromètre moléculaire à partir du spectre UV du radical OH est envisagée et doit aboutir à une exploitation industrielle en collaboration avec la société Auxitrol (Bourges). Ces travaux ont fait l'objet de 3 communications dans des congrès internationaux en 1997 et 1999.

Un contrat européen FEDER regroupant le LASEP, le LCSR (Laboratoire de Combustion et des Systèmes Réactifs (CNRS Orléans)), la société Auxitrol (Bourges) et l'Aérospatiale (Bourges) vient d'être signé afin de procéder à une étude des températures dans un superstatoréacteur. Je suis chargé de mettre en oeuvre les techniques de mesures des températures par spectroscopie sur les radicaux moléculaires diatomiques dans la partie visible et ultraviolette du spectre électromagnétique.

La génération des spectres moléculaires au laboratoire utilise un arc Maecker (arc stabilisé par paroi), qui est stable et permet de réaliser des mélanges de gaz réactifs avec une stochiométrie variable à volonté, et analogue à celle rencontrée dans les flammes de propulsion. Au centre de l'arc est aménagée une chambre d'expansion dans laquelle la colonne cylindrique de plasma s'étend et se refroidit. On obtient ainsi une bulle de plasma de 1 cm^3 environ.

L'étude et la modélisation thermodynamique de la colonne d'arc a fait l'objet d'un stage de maîtrise de physique en 1996 qui a donné lieu à une communication dans un congrès national en février 1997, et à une communication dans un congrès international en août 1997. Il a été montré que les modèles simples utilisés pour décrire les colonnes d'arc stabilisées (modèle d'Helenbaas-Heller) étaient insuffisants pour rendre compte des profils de températures mesurés expérimentalement. Ce travail a été approfondi dans le cadre du stage post doctoral du Dr Ewa Pawelec (01/09/1999 - 31/05/2000) dont le but a été de comparer les résultats d'un modèle d'écoulement de plasma élaboré par le Laboratoire National d'Hydraulique avec des mesures spectroscopiques effectuées au laboratoire.

2.3 Travaux de recherche : période 2000-2013

2.3.1 Étude de plasmas transitoires.

Il a été décidé par le LASEP et par GIAT Industries (Bourges), d'étudier, de mettre au point et d'envisager l'utilisation pratique d'un lanceur électrothermique chimique de taille réduite (maquette), pour lequel l'accès aux mesures en laboratoire serait immédiat et direct. L'étude de ce concept nouveau a fait l'objet du travail de thèse de M. Jean Caillard, dont le financement a été assuré par GIAT Industries (Bourges) et le Conseil Régional de la Région Centre.

À partir du concept de base des lanceurs ETC, Le générateur de plasma mis au point est *une microtorche d'allumage par plasma* représenté sur la figure 1.

La microtorche, de géométrie axisymétrique, est composée d'une cathode en laiton, et d'une anode en acier dans laquelle un orifice de quelques millimètres de diamètre (entre 2 mm et 4 mm) sert de tuyère d'éjection du jet de plasma. Un tube de matériau polymère est introduit à l'intérieur de la chambre de la microtorche : ce matériau est destiné à être ablaté par un plasma de décharge transitoire initié avec un fin fil de cuivre connecté entre les deux électrodes. Le processus envisagé consiste à

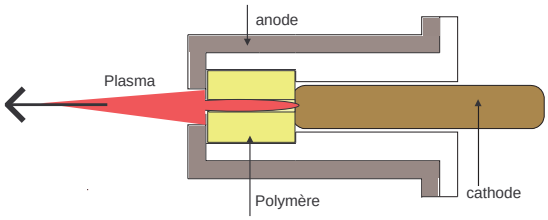

FIGURE 1 – *Schéma d'une microtorche d'allumage par plasma.*

ensemencer le jet de plasma transitoire éjecté à travers l'orifice de la buse avec des radicaux libres, de manière à procéder à l'allumage de mélanges pyrotechniques.

La source de puissance électrique est un banc de condensateurs fonctionnant sous la tension maximum de 500 V, et capable de délivrer une énergie de 1 kJ. Le banc, ainsi que la chaîne de mesure de l'intensité du courant ont totalement été réalisés au LASEP. La constante de temps du banc de condensateurs est de l'ordre de 11 μs, et la valeur de sa self–inductance $L = 2,5\,\mu$H.

Les expériences ont clairement montré que le comportement électrique de l'arc était très largement fonction de la nature et la composition du polymère ablaté (PolyÉthylène PE, PolyAmide 6.6 PA6.6, et PolyTétraFluoroÉthylène PTFE) dans la chambre de la microtorche. L'étude de la masse ablatée par unité d'énergie électrique déposée a indiqué que le matériau le plus rentable, c'est à dire le plus ablaté, était le POM (PolyOxyMéthyl acétal). Ce résultat a convenablement été interprété en considérant les enthalpies de formation de ces différents polymères.

Le jet de plasma transitoire a été diagnostiqué par spectroscopie d'émission résolue en temps, dans la zone visible et proche ultraviolette du spectre électromagnétique. La chaîne de détection optique comporte un monochromateur de $0,5$ m de focale, équipé d'un analyseur multicanaux construit autour d'une matrice CCD. La résolution en temps des spectres est obtenue en illuminant quelques lignes du capteur CCD, et en utilisant les autres lignes comme mémoire de stockage des données.

Les premiers instants de la décharge sont dominés par la présence des raies du cuivre provenant de l'explosion du fil d'amorçage. Au début de la décharge, les raies sont fortement auto-absorbées. Cette auto-absorption cesse, et les raies sont alors exploitables pour déterminer l'évolution de la température électronique avec un graphe de Boltzmann.

Quelques bandes moléculaires ont été observées, notamment celles du spectre de C_2 provenant des espèces des polymères ablatés. Ces spectres moléculaires ont une dynamique trop faible pour être convenablement exploités.

La densité électronique et son évolution en fonction du temps ont été obtenues en mesurant l'évolution de la largeur Stark de la raie H_α, très facilement observée dans le spectre expérimental. Connaissant la densité et la température électronique, la loi de Saha permet d'obtenir un ordre de grandeur de la pression de la zone émissive. Celle ci est de l'ordre de 160 MPa. L'onde de pression produite par la décharge étant une détonation, nous l'avons étudiée en utilisant le modèle de Sedov-Taylor.

Applications du modèle de Sedov-Taylor. Le modèle – très élégant – de Sedov-Taylor a été élaboré pour traiter le problème de l'explosion forte (explosion atomique), mais est actuellement surtout utilisé dans l'interprétation des observations astrophysiques d'explosions de supernovae, ainsi que pour expliquer les phénomènes d'ablations de matériaux par laser. Peu de travaux propres aux fils explosés par voie électrique utilisent ce modèle, et les références bibliographiques dans ce domaine sont peu nombreuses.

Les hypothèses de base du modèle de Sedov-Taylor sont valides dans le cadre de l'onde de pression générée par une microtorche : dépôt ponctuel d'une énergie E de façon instantanée, avec création d'une onde de choc qui se propage de manière sphérique dans l'air assimilé à un gaz parfait. La variation du rayon R du front de l'onde de choc en fonction des paramètres du phénomène est

$$R = \beta \left(\frac{E}{\rho} \right)^{1/5} t^{2/5}$$

où ρ est la masse volumique de l'air, β une constante et t le temps. Lors de l'établissement de la relation précédente, la pression ambiante a été négligée devant la surpression de l'onde de choc, ce qui n'est plus vrai quand on se place à grande distance du point source de l'explosion ce qui est le cas pour le dispositif expérimental envisagé.

Nous avons donc raffiné le modèle de base de Sedov-Taylor en tenant compte de la pression ambiante, ce qui revient à ne plus négliger l'énergie interne de l'air face à l'énergie E déposée. En appliquant le théorème Π de Buckingham, nous avons obtenu le résultat remarquable suivant :

$$R(t) = \beta \left(\frac{E}{\rho_1} \right)^{1/5} t^{2/5} + v_s t.$$

Le second terme de la relation précédente peut être interprété comme une évolution du rayon de la perturbation de pression à la vitesse du son v_s, qui est la limite acoustique du phénomène de détonation.

En comparant l'évolution théorique de $R(t)$ avec les données expérimentales (mesure des temps de vol du front de l'onde de choc, valeur de la surpression au niveau de l'onde de choc), on a validé les hypothèse du modèle de Sedov-Taylor, ce qui a permis de déterminer la valeur de la surpression au niveau de la zone émissive : celle-ci est du même ordre de grandeur que celle déterminée avec les mesures spectroscopiques.

Application du modèle de Sedov-Taylor aux études de risques. Les équations du modèle de Sedov-Taylor proposées dans la littérature donnent l'expression de la surpression p_2 en fonction de R :

$$p_2 = \frac{8\beta^2}{25(\gamma+1)} \frac{E}{R^3}. \tag{1}$$

où β=1.033 pour de l'air.

Numériquement, la relation précédente devient, avec R en mètre, E en Joule et la surpression p_2 en Pascal :

$$p_2 = 0.1568 \frac{E}{R^3}. \tag{2}$$

La relation (2) permet de calculer la surpression p_2 en fonction de R si la valeur de E est connue. Nous avons appliqué ces résultats au domaine de l'analyse des risques industriels, en collaboration avec les animateurs *du Pôle Risques de Bourges*. À partir des effets et des conséquences de la surpression p_2, il est possible de définir des zones de danger en connaissant la valeur de E. L'arrêté du 26 septembre 1980 fixant les règles de détermination des distances d'isolement relatives aux installations pyrotechniques introduit 5 zones Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 et Z_5 dans lesquelles les dommages sont qualitativement évalués. Pour chacune des zones, la distance R à la charge Q exprimée en kilogramme est donnée par des relations mathématiques de la forme :

$$R_Z = A_Z Q^{1/3} \tag{3}$$

où chaque valeur de la constante A_Z est spécifique à une zone. Il convient de remarquer que la relation (2) donne également accès à une relation donnant R en fonction de E ; on a :

$$R = 0.54 \frac{E^{1/3}}{p_2^{1/3}}. \tag{4}$$

Les relations (3) et (4) sont identiques, mais la relation (3) est moins riche que la relation (4) car la constante A_Z inclut la valeur de la surpression p_2, ainsi que le pouvoir énergétique de l'explosif utilisé. Toutefois, nous avons pu fournir une base physique aux constantes A_Z qui figurent dans la relation de base utilisée pour définir les zones de danger de l'Arrêté du 26 septembre 1980 dans le domaine de la pyrotechnie.

2.3.2 Etude de plasmas de soudure MIG

Dans le cadre d'un contrat de recherche avec la Société Air Liquide, j'ai co-encadré le travail de recherche de Sylwia Zielinska (période : 01/03/2000 - 31/12/2000, puis 2001-2003), jeune chercheur polonaise de l'université Jagellone (Cracovie) qui a été recrutée dans mon équipe pour étudier le comportement des arcs de soudure MIG en fonction du gaz plasmagène utilisé. Les mesures doivent permettre de mieux comprendre les changements de régimes de soudage qui interviennent lors du changement de polarité des électrodes et des divers paramètres utilisés (intensité du courant d'arc...). Les résultats obtenus ont fait l'objet de présentations dans 2 colloques internationaux. L'issue de ce contrat a été une thèse en co-tutelle entre l'université d'Orléans et l'université Jagellone (Cracovie, Pologne) soutenue en 2005.

2.3.3 Étude de la zone périphérique d'une colonne d'arc

Le plasma d'arc est un milieu gazeux ionisé, porté à très haute température (typiquement supérieure à 10000 K) et dans lequel on atteint un état stationnaire entre un terme de dissipation d'énergie (chauffage par effet Joule) et des flux de chaleur radiatifs, convectifs et conductifs.

Les plasmas de géométrie cylindrique sont fréquemment rencontrés en laboratoire, et de nombreux modèles physiques basés sur l'application de l'équation de la chaleur ont permis de proposer des profils de température radiaux qui ont pu être confrontés à des résultats expérimentaux obtenus le plus souvent en mettant en œuvre la spectroscopie d'émission sur la zone chaude en étudiant l'intensité ou le profil de certaines raies atomiques.

La zone gazeuse située à proximité de la colonne d'arc est elle même affectée par la présence de la colonne d'arc à haute température, mais demeure difficile à étudier avec les méthodes spectroscopiques ; en effet, dans cette zone, la température radiale évolue d'environ 7000 K jusqu'à la température ambiante (300 K). Pour étudier la distribution de température dans la zone périphérique de l'arc, nous avons utilisé une méthode interférométrique dans le visible (raie du laser He-Ne à 633 nm) au moyen d'un interféromètre de Mach-Zehnder. Dans la gamme de température située entre 300 K et 7000 K, la variation de l'indice de réfraction du gaz est assez sensible pour en extraire les variations de la température. Pour fixer les idées, la figure 2 représente la variation de l'indice de réfraction d'un plasma d'argon en fonction de sa température à pression atmosphérique pour la longueur d'onde rouge du laser He-Ne (632.8 nm). Nous avons indiqué les contributions des diverses espèces constituants le plasma (neutres, électrons et ions).

L'expérience (figure 3) utilise une colonne de plasma établie entre 2 électrodes de type pointe séparées de 21 mm et placées verticalement dans une chambre remplie d'argon pur à la pression

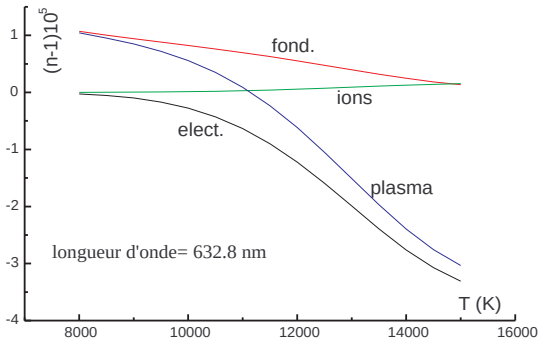

FIGURE 2 – *Réfractivité d'un plasma d'argon à la pression atmosphérique.*

atmosphérique. L'alimentation électrique (tension continue de 4 kV) permet de faire varier l'intensité du courant d'arc de 0.15 A à to 1.5 A.

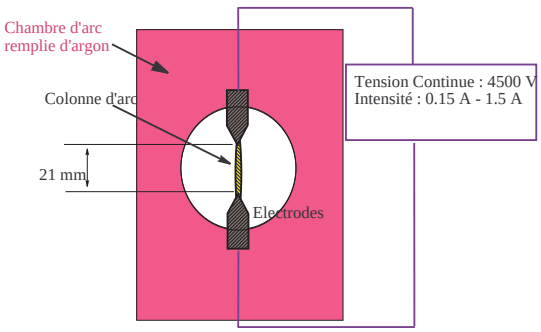

FIGURE 3 – *Colonne d'arc utilisée pour étudier l'interaction thermique d'un arc dans son milieu ambiant.*

En utilisant l'interférométrie optique décrite plus loin, nous avons déterminé les distributions radiales de température du gaz à proximité de la colonne de plasma. Il s'avère que la colonne de plasma d'arc produit une perturbation thermique dans le gaz qui l'entoure pouvant aller jusqu'à 8 fois la valeur du rayon de la colonne d'arc (figure 4). Ce résultat est de toute première importance dans le cas de la chimie des plasmas où l'on fait interagir des gaz réactifs avec un milieu plasma.

Finalement, ces travaux permettent d'introduire le concept de Rayon d'Interaction Thermique d'un Arc (RITA) que nous avons défini arbitrairement lorsque la température au voisinage de l'arc atteint 3000 K.

2.3.4 Caractérisation de nanomatériaux générés par voie plasma

Nanopoudres métalliques fabriquées par fils explosés. Actuellement, les poudres nanométriques intéressent les scientifiques et les industriels en tant que matériaux énergétiques. Il existe plusieurs méthodes pour fabriquer des poudres à l'échelle nanométriques, cependant, il y a peu de procédés permettant d'obtenir des poudres au niveau industriel.

Un autre aspect de ce problème est de conserver les très bonnes propriétés énergétiques des nanopoudres après les avoir fabriquées.

On sait que l'explosion électrique des fils (EEF) est un procédé prometteur pour la production

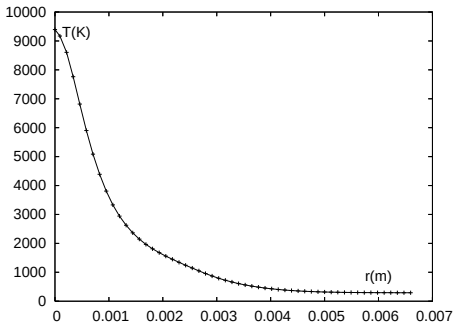

FIGURE 4 – *Graphique donnant l'évolution radiale de la température d'une colonne d'arc brûlant dans l'argon à pression atmosphérique. La perturbation thermique produite par l'arc s'étend à 8 fois la valeur du rayon de l'arc.*

des poudres nanométriques à grande échelle et que ces poudres possèdent une réactivité chimique extraordinaire.

Un autre aspect que l'on discute depuis des années est l'existence d'une énergie excédentaire présente dans les poudres produites par l'EEF. C'est pourquoi il est envisagé d'étudier les propriétés énergétiques de ces matériaux par les moyens d'analyse physico-chimique, ainsi que de déterminer les paramètres physico-chimiques mis en jeu lors de leur dégradation.

Les études portant sur les nanopoudres métalliques fabriquées par voie plasmas (fils explosés) ont débuté en 2000, et se poursuivent de manière régulière dans le cadre de coopérations avec le Dr Vladimir AN de l'Institut des Hautes Tensions de l'Université Polytechnique de Tomsk (Russie). Un accord de coopération est en cours de signature entre le LASEP et l'université Polytechnique de Tomsk.

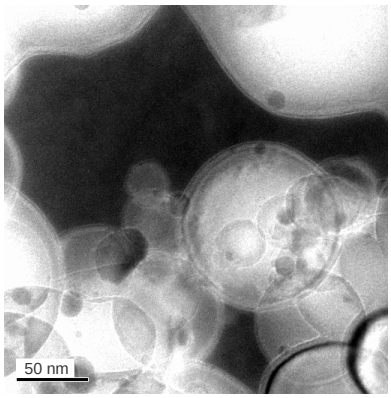

FIGURE 5 – . *Image de Microscopie Electronique à Balayage d'une nanopoudre d'aluminium passivée à l'acide stéarique.*

Les travaux de recherche réalisés dans cette étude peuvent être classés en trois catégories :

- Analyse des caractéristiques de nanopoudres métalliques obtenues par explosions de fils en utilisant les moyens classiques de caractérisations de matériaux (microscopie à balayage, diffraction de rayons X ...).
- Application des techniques du vieillissement accéléré en soumettant les poudres nanométriques

à un rayonnement ultraviolet. Nous avons caractérisé les poudres nanométriques irradiées et non-irradiées afin de mettre en évidence l'évolution physico-chimique du matériau lors de son traitement par irradiation UV.

- Mesure du coefficient d'absorption optique des poudres nanométriques en vue de leur fusion ou de leur allumage, en mettant en œuvre un effet photoacoustique.

Actuellement, les nanopoudres utilisées sont fabriquées dans les laboratoires russes de Tomsk. Nous envisageons l'acquisition d'une machine de fabrication de ces poudres par fils explosés, afin d'étudier les caractéristiques du plasma transitoire créé sans doute à l'origine des propriétés particulières des nanopoudres mises en évidence. Nous pensons au phénomène de condensation de vapeurs métalliques d'atomes dans des états excités métastables.

2.3.5 Mesures des hautes températures. Interférométrie laser. Interférométrie stationnaire. Ombroscopie quantitative. Déflectométrie par franges de moiré. Simulation de spectres moléculaires : spectre du radical OH et de MgO

Développement de l'interférométrie stationnaire. L'interférométrie optique est une puissante méthode de diagnostic permettant de déterminer les variations de températures des gaz chauds et des plasmas, avec une très grande sensibilité dans la zone de température allant de l'ambiante jusqu'à 5000 K. L'interférométrie optique se révèle utile pour étudier les cartes de température des gaz lorsque ces derniers ne sont pas suffisamment chauds pour observer des transitions atomiques ou moléculaires.

Nous avons développé ces techniques interférométriques afin de valider les températures déterminées dans les gaz chauds en exploitant le spectre rotationnel du radical OH : nous avons pu montrer que les températures rotationnelles étaient très proches de la température enthalpique du gaz, déterminée à partir de la masse volumique, elle même déterminée avec la loi de Gladstone-Dale reliant l'indice de réfraction et la masse volumique.

L'interféromètre choisi est un interféromètre de Mach-Zehnder (figure 6) qui est bien adapté pour étudier des dispositifs de grandes tailles.

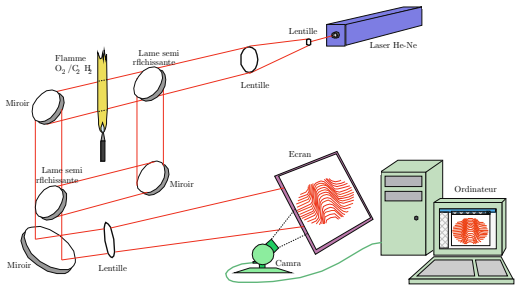

FIGURE 6 – *L'interféromètre de Mach-Zehnder.*

Les travaux effectués par Hervé Rabat dans le cadre de sa thèse ont permis de mettre au point une chaîne d'acquisition et d'exploitation des interférogrammes, qui fait appel au traitement du signal par transformée de Fourier rapide ; la procédure de traitement est résumée dans la figure 7.

Nous envisageons d'appliquer l'interférométrie optique stationnaire au laboratoire pour étudier les zones situées en périphérie de colonnes de plasma, et pour caractériser les phénomènes de "démélanges" dans des milieux formés de plusieurs types de gaz, éventuellement polyatomiques.

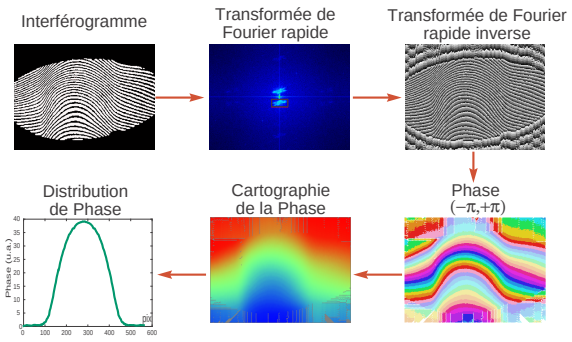

FIGURE 7 – *Procédure de traitement des interférogrammes.*

Interférométrie résolue en temps. L'interférométrie laser utilisant la cavité d'un laser à gaz comme bras de référence de l'interféromètre (interféromètre d'Ashby et Jephcott représente sur la figure (figure 8) est souvent utilisée pour mesurer l'évolution temporelle de la densité électronique de plasmas instationnaires.

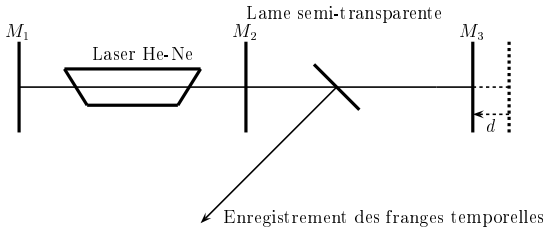

FIGURE 8 – *Interféromètre laser d'Ashby et Jephcott*

Les miroirs M_1 et M_2 sont les miroirs du laser, distants d'une longueur L. Le miroir M_2 est semi-transparent. Le miroir M_3 est placé à l'extérieur de la cavité laser, et peut être déplacé d'une distance d. La lame semi-transparente placée entre les miroirs M_2 et M_3 distants de D permet d'enregistrer l'intensité du laser en fonction du temps avec un détecteur photosensible à large bande passante (photomultiplicateur ou photodiode rapide).

Sachant que l'indice de réfraction des électrons libres d'un plasma varie en fonction du carré de la longueur d'onde de l'interféromètre, il est possible d'augmenter la sensibilité de l'interféromètre en utilisant un laser à CO_2 dont la longueur d'onde se situe à 10.6 μm, dans l'infrarouge lointain. Le gain de sensibilité par rapport à un interféromètre fonctionnant dans le visible est de l'ordre de quelques dizaines.

On se heurte alors au délicat problème de l'enregistrement des franges temporelles à une fréquence pouvant atteindre plusieurs kilohertz. L'enregistrement des franges d'interférence temporelles a été réalisé avec succès en utilisant un effet photoacoustique dans une cavité remplie de gaz carbonique.

Le montage expérimental utilisé est représenté sur la figure suivante. Le laser CO_2 utilisé est de marque SYNRAD avec une puissance de 10 W. Le montage utilisé est décrit sur la figure 9.

Les travaux réalisés ont montré la faisabilité de l'interféromètre laser infrarouge avec une détection photoacoustique des franges temporelles.

Nous avons baptisé cet interféromètre « F.I.R.L.I.P.A.D. »(**F**ar **I**nfra**R**ed **L**aser **I**nterferometer with

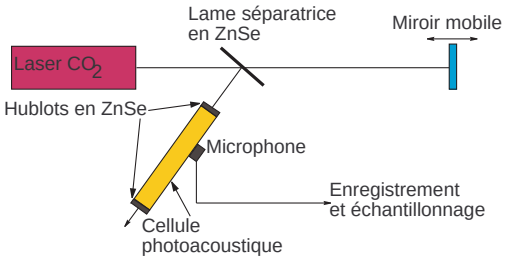

FIGURE 9 – *Le F.I.R.L.I.P.A.D : interféromètre laser infrarouge à detection photoacoustique.*

Photo**A**coustic **D**etection).

Avant de l'appliquer à la métrologie des plasmas instationnaires, il convient de procéder à une optimisation de la chaîne de détection photoacoustique (dimension et géométrie de la cellule, choix d'un milieu absorbant ...).

Ombroscopie quantitative. L'ombroscopie est une méthode de diagnostic couramment utilisée en mécanique des fluides, et permettant de visualiser les gradients d'indices de réfractions dont les causes peuvent être une variation de température ou une variation de pression. Cette technique a souvent été appliquée de manière qualitative et nous avons entrepris de l'exploiter de manière quantitative, ce qui nécessite de résoudre l'équation de Poisson. Les résultats ont été validés et ont fait l'objet de publications internationales.

Déflectométrie par franges de moiré. La technique de déflectométrie par franges de moiré a été mise en place pendant l'année 2011 comme méthode de diagnostic exploitant les variations d'indices de réfraction des gaz chauds. La théorie a été revue avec différents modèles (optique géométrique, optique de Fourier et diffraction de Fresnel) ; il est clairement démontré que les trois approches donnent des résultats analogues. La mise en œuvre de la technique a été validée expérimentalement.

Le radical OH. Le radical OH joue un rôle important dans la chimie des flammes, des gaz chauds et des plasmas contenant des atomes d'oxygène et d'hydrogène. Lors de l'étude de tels systèmes, le spectre UV du radical OH est fréquemment observé, et peut être exploité pour déterminer différents paramètres du système étudié. La mesure de concentrations afin de cartographier la chimie des flammes et la mesure de température de rotation du radical OH, qui est proche de la température thermodynamique du gaz, en sont des exemples. En particulier, la bande moléculaire du radical OH à $306,357$ nm (transition $A^2\Sigma, \nu = 0 \rightarrow X^2, \nu' = 0$) située dans le proche ultraviolet a fait l'objet de nombreux travaux à la fois théoriques et expérimentaux.

Après différentes études spectroscopiques ayant donné lieu à la publications de plusieurs articles, le LASEP a poursuivi ses travaux sur le radical OH dans le cadre de la thèse de Hervé RABAT, et dont le sujet a été l'utilisation du spectre du radical OH dans la métrologie des hautes températures des gaz chauds et des plasmas.

Simulation du spectre UV du radical OH. Le principe de cette simulation du spectre UV du radical OH repose sur l'utilisation, pour une température fixée, d'un spectre de référence, et de la modification de celui-ci en fonction de la température et d'une fonction d'appareil globale.

Dans un article de 1961, Diecke et Crosswhite fournissent précisément les longueurs d'onde des raies rotationnelles, l'énergie du niveau élevé de chaque transition (en cm^{-1}), ainsi que l'intensité

normalisée I_{ref} de chaque raie à une température de référence $T_{ref} = 3000\,\text{K}$. La figure 10 montre le spectre sous forme de peigne de Dirac calculé à partir des données références. À l'aide du spectre de

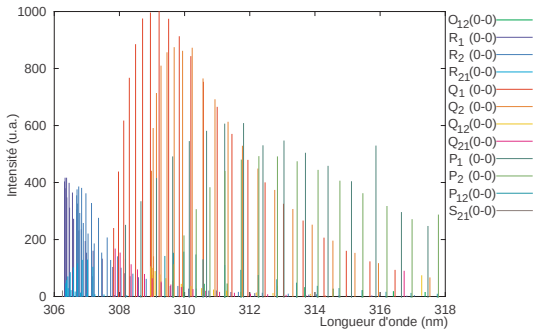

FIGURE 10 – *Spectre UV de OH sous forme de peigne de Dirac à $T = 3000\,K$.*

référence et de la formule suivante donnant l'intensité d'une raie pour une température T différente de T_{ref}, il est possible de réaliser un spectre de OH sous forme de peigne de Dirac pour cette même température T :

$$I_{nm} = I_{nm_{ref}} \frac{Z(T_{ref})}{Z(T)} \exp\left[-\frac{E_n(T_{ref} - T)}{T_{ref}T}\right].$$

L'ensemble des causes d'élargissement des raies rotationnelles est pris en compte dans une fonction unique appelée fonction d'appareil globale. Le choix de cette fonction d'appareil globale est une fonction gaussienne de largeur à 1/e du maximum égale à Δ. Le spectre UV du radical OH est finalement obtenu en convoluant le spectre sous forme de peigne de Dirac avec la fonction d'appareil gaussienne. Cette méthode de simulation a permis de synthétiser une bibliothèque de spectres où la température varie de $1000\,\text{K}$ à $9000\,\text{K}$ par pas de $200\,\text{K}$ et la largeur de la fonction d'appareil globale de $0,02\,\text{nm}$ à $0,98\,\text{nm}$ par pas de $0,02\,\text{nm}$.

Mesure de la fonction d'appareil globale. Pour comparer un spectre expérimental et un spectre simulé, il est nécessaire de connaître la fonction d'appareil globale rendant compte de l'ensemble des phénomènes d'élargissement du spectre.

Une méthode de mesure directe sur le spectre expérimental a été mise au point. Étant donnée la faible dépendance de la largeur d'une raie vis à vis de la température entre $1000\,\text{K}$ et $9000\,\text{K}$, des équations de la fonction d'appareil globale en fonction de la demi-largeur d'une raie référence ont été établis pour trois hauteurs différentes de la raie. La figure 11 est un exemple d'évolutions de la valeur de la fonction d'appareil globale en fonction de la demi-largeur.

Mesure de températures. Connaissant la fonction d'appareil globale d'un spectre expérimental, la mesure de la température de rotation est faite par la mesure de rapports d'amplitudes de groupes de raies rotationnelles dont l'évolution est très sensible avec la température.

En normalisant les spectres simulés sur le groupe de raies rotationnelles non résolues G_{ref} situé à environ $309\,\text{nm}$, on remarque que l'amplitude des deux groupes de raies rotationnelles non résolues G_0 et G_1 situés respectivement à $306,537\,\text{nm}$ et à $306,776\,\text{nm}$ évoluent très nettement avec la température (figure 12).

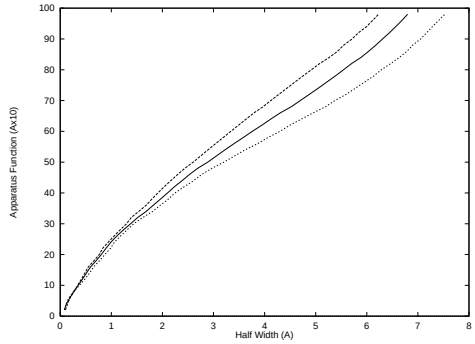

FIGURE 11 – *Courbe de la fonction d'appareil globale en fonction de la demi-largeur à 0,7 en hauteur de la raie référence située à* $308,986$ *nm.*

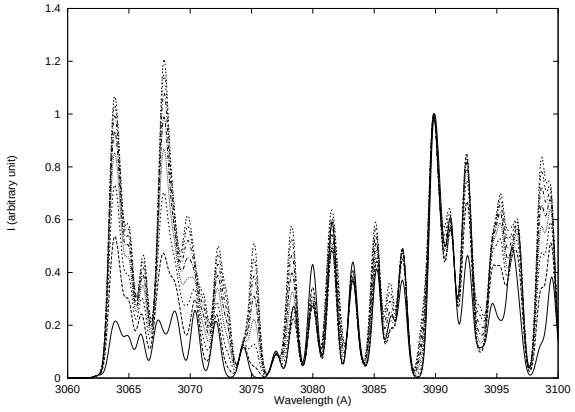

FIGURE 12 – *Spectre UV de OH simulé pour plusieurs températures rotationnelles variant de 1000 K à 8000 K par pas de 1000 K (fonction d'appareil :* $\Delta = 0,1$ *nm.)*

Les spectres étant normalisés sur la raie rotationnelle non résolue G_{ref}, les rapports G_0/G_{ref} et G_1/G_{ref} sont déterminés. Ainsi, à partir des courbes des rapports établis à l'aide des spectres simulés et de la mesure de ces mêmes rapports sur le spectre expérimental, il est possible de déterminer la température rotationnelle du radical OH dans une flamme ou un gaz chaud.

Applications. Les applications prévues avec l'exploitation du spectre de OH sont larges et sont les suivantes, sans être exhaustif :

- Mesure de températures de flammes H_2+air sur site industriel ou en laboratoire.
- Jets de plasma en recombinaison (panache).
- Détermination expérimentale des coefficients de transferts convectifs à haute température pour des solides de géométries diverses.
- Contrôle de procédés plasma (cas des travaux réalisés au laboratoire SPCTS de Limoges qui a utilisé les résultats du LASEP dans le diagnostics de jets de plasmas).
- ...

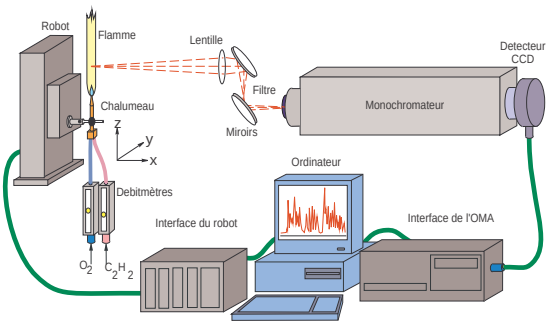

FIGURE 13 – *Montage typique permettant de réaliser l'étude de l'émission du spectre UV du radical OH.*

Le spectre de MgO à haute température. L'oxyde de magnésium MgO est d'un intérêt particulier dans de nombreux domaines allant de la combustion à l'astrophysique, en passant par les procédés de traitement des métaux à haute température. Plus précisément, lors de la combustion du magnésium dans l'air, ou encore en ensemençant un milieu gazeux porté à haute température (flamme de combustion ou jet de plasma) avec des sels aqueux de magnésium, il est très facile d'observer les spectres de transitions électroniques de MgO. Deux transitions électroniques formées des spectres de rotation-vibration ont été particulièrement étudiées : il s'agit du système rouge dont la tête de bande (0,0) est localisée à 600.6nm (transition $B^1\Sigma^+ \rightarrow A^1\Pi$) et du système vert dont la tête de bande (0,0) est située à 500.73 nm (transition $B^1\Sigma^+ \rightarrow X^1\Sigma^+$). Le système vert est formé de branches R et de branches P dégradées vers le violet.

De manière analogue à ce qui fut fait pour le radical OH, nous avons procédé à une simulation numérique du système vert de MgO en faisant varier la température rotationnelle. La séquence $\Delta v = v' - v'' = 0$ pour le nombre quantique de vibration v variant de 0 à 4 a été calculée. Pour chaque bande, 150 transitions rotationnelles (le nombre quantique de rotation J variant de 0 à 149) pour chacune des branches P et R ont été prises en compte. Les probabilités de transition spontanées utilisées sont issues de la littérature. La zone spectrale simulée a une étendue de 140 nm, et comprend au total 1500 raies rotationnelles (figure 14). Afin de pouvoir comparer un spectre expérimental à un spectre synthétique, il est nécessaire de procéder à la convolution du spectre de Dirac avec un profil d'appareil gaussien.

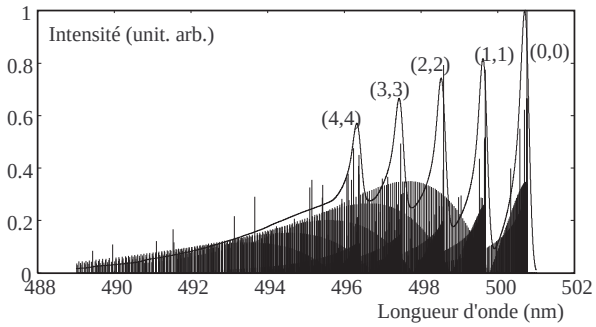

FIGURE 14 – *Représentation graphique du spectre simulé sous forme de pics de Dirac et du spectre obtenu après convolution avec la fonction d'appareil gaussienne. Les longueurs d'onde sont en nm, et les intensités sont en unités arbitraires (spectres normalisés).*

Sur la figure 15 sont représentées les composantes rotationnelles de la bande (0,0) obtenues avec largeur de la fonction d'appareil Δ=0.01 nm, ce qui correspond expérimentalement à une très haute résolution spectroscopique. Dans la zone spectrale localisée entre les têtes de bande (0,0) et (1,1), égale à 1.1 nm, on recense 70 composantes rotationnelles composées de 2 raies rotationnelles. L'écart moyen entre deux composantes est de l'ordre de 0.016 nm. Le dispositif expérimental qu'il convient d'utiliser pour résoudre ces composantes rotationnelles doit posséder un pouvoir de résolution réel de l'ordre de 60000. Ainsi, nous pouvons déjà conclure que l'obtention d'un graphe de Boltzmann nécessite des moyens d'acquisition assez performants.

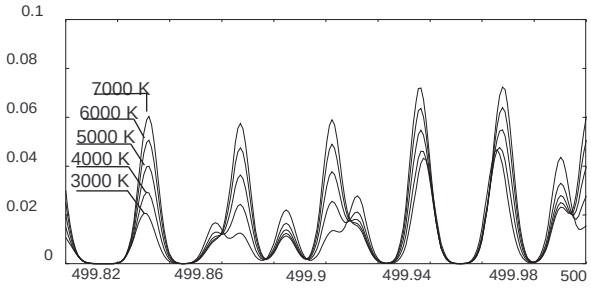

FIGURE 15 – *Raies rotationnelles de la bande (0,0) représentées avec une largeur de la fonction d'appareil =0.01 nm pour plusieurs valeurs de la température de rotation. Les longueurs d'onde sont en nm, et les intensités sont en unités arbitraires (spectres normalisés).*

L'aspect et l'évolution de la forme du spectre de MgO en fonction de la température, pour des fonctions d'appareil de l'ordre de quelques nm (de 1 à 3), avec des spectres normalisés sur la tête de bande (0,0) sont présentées sur la figure 16.

Lorsque la température augmente, on remarque nettement l'évolution de l'amplitude des têtes de bandes (1,1), (2,2), (3,3) et (4,4). Les contributions des bandes P et R de ces bandes se manifestent par un fond continu localisé " sous " la bande moléculaire. Cette évolution du spectre moléculaire en fonction de la température à basse résolution doit permettre de réaliser un calibrage de l'amplitude ou de l'intensité intégrée d'un des groupes de raies en fonction de la température, analogue à ce qui a été fait pour le radical OH.

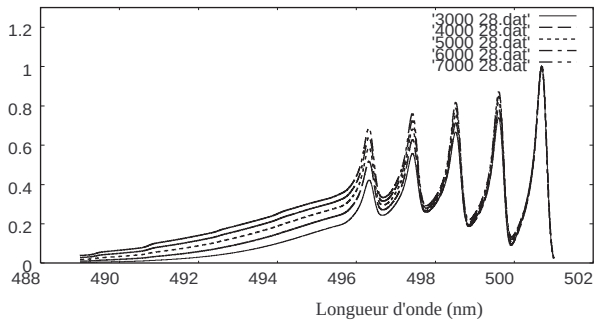

FIGURE 16 – *Spectre de MgO obtenu à basse résolution spectrale (largeur de la fonction d'appareil égale à 0.28 nm) pour diverses valeurs de la température. Les longueurs d'onde sont en nm, et les intensités sont en unités arbitraires (spectres normalisés).*

Il est envisagé de traiter le système rouge de MgO. Enfin un dispositif expérimental d'ensemencement de jets de gaz chauds par des aérosols aqueux de sels de magnésium doit permettre de réaliser des études spectroscopiques, et éventuellement mesurer les probabilités de transition des raies rotationnelles, dont les données sont rares dans la littérature.

2.3.6 Étude théoriques des décharges optiques (débuté en 2013)

Le développement de nouvelles sources laser CO_2 continues dans l'infrarouge (10.6 μm) avec des puissances importantes (de l'ordre de quelques kW) et un rendement élevé (de l'ordre de 40%, ce qui est très élevé pour les lasers à gaz) ont permis d'envisager la génération de nouvelles sources de plasmas au point de focalisation du faisceau laser. Les puissances nécessaires pour générer et entretenir un plasma au point de focalisation d'un laser CO_2 dans de l'air à pression atmosphérique est de l'ordre de 3 kW, mais elle est bien moindre dans les gaz rares (moins de 500 W). Ce dispositif porte le nom de " décharge optique ", et le plasma généré au point de focalisation est en tout point identique à un plasma généré au moyen d'un dispositif à arc électrique utilisant deux électrodes solides (anode et cathode) et des intensités de courant élevées.

Les phénomènes physiques à la base des décharges optiques dans l'infrarouge sont essentiellement les interactions des électrons libres du plasma avec le champ électrique oscillant de l'onde électromagnétique. Les électrons se mettent à osciller à la même fréquence que le champ électrique de l'onde électromagnétique, ce qui tend à augmenter le taux de collision entre les électrons et les particules lourdes du plasma, et par conséquent les transferts d'énergie entre les particules du plasma. L'énergie de l'onde électromagnétique est alors absorbée par le plasma qui la transforme en enthalpie et sous forme de rayonnement réémis ("bremsstrahlung inverse ").

Cette étude fait l'objet d'un contrat de recherche financé par la Région Centre (Projet LILOVEM).

2.3.7 Analyse du fonctionnement d'un moteur ionique à effet Hall (débuté en 2013)

Le but de cette étude débutée en 2013 avec un contrat de recherche avec la SNECMA est d'appliquer les techniques de l'analyse des systèmes dynamiques afin de mieux comprendre le fonctionnement d'un moteur ionique à effet Hall. Des mesures ont été réalisées sur le banc PIVOINE (ICARE, Orléans).

2.3.8 Collaborations diverses

- **Pr. Karol MUSIOL** ZOA - Université Jagellonne, Cracovie, Pologne
  *Accord de collaboration entre l'**Université d'Orléans** et l' **Université Jagellonne** de Cracovie signé en mai 1999.*
- **Pr. Jean-Marie CORMIER**
  GREMI, Université d'Orléans, France.
- **Pr. Michel DUDECK**
  Laboratoire d'Aérothermique, CNRS Orléans, France
- **M. Iskander GÖKALP** LCSR, CNRS Orléans, France.
- **GIAT** Industries à Bourges (Micro-torche, allumage par laser) ;
- **AUXITROL** Bourges (Capteurs et Mesure) ;
- **Aérospatiale** Bourges (Super Stato-réacteur) ;
- **CTAS-Air Liquide**, Saint Ouen l'Aumône (Soudure)
- **Université Polytechnique de Tomsk**, Vladimir AN, (nanopoudres métalliques).

3 Publications. Communications. Referee d'articles. Rapports et séminaires.

3.1 Publications dans des revues à comité de lecture

P1 **K. Musiol, A Czernichowski, J. Chapelle and C. de Izarra**
An interferometric and spectroscopic argon arc plasma diagnostic.
J. Phys. B : At. Mol. Opt. Phys. **22** (1989) 2649-58.

P2 **C. de Izarra and J. Chapelle**
Experimental study of the mixing between a plasma jet and a cold surrounding gaz flow.
J. Phys. D : Appl. Phys. **23** (1990) 1036-40.

P3 **J. Picart, C. de Izarra, B. Oumarou, N. Tran Minh and S. Klarsfeld**
Calculation of octupole radial integrals in the Coulomb approximation.
J. Phys. B : At. Mol. Opt. Phys. **23** (1990) L61-L65.

P4 **J. Picart, C. de Izarra, B. Oumarou, N. Tran Minh and S. Klarsfeld**
Reccurence relations for multipole radial integrals in the semiclassical Coulomb approximation.
Physical Review A 43, (1991) 2335-37

P5 **C. de Izarra et J. Chapelle**
Etude expérimentale du mélange d'un jet de plasma d'argon avec un écoulement périphérique d'argon froid : mesures des températures et des vitesses.
Journal of High Temperature Chemical Processes, Colloque, Supplément au numéro 3, Vol 1, Septembre 1992.

P6 **C. de Izarra, J. Chapelle and A. Czernichowski**
Anomalous Ar I 430.01 nm line profile distortion in an arc plasma.
J.Q.S.R.T., **49**, Number 4 (1993) 433-438.

P7 **C. de Izarra, O. Vallée et J. Chapelle**
Etude des phénomènes de turbulence dans une torche à plasma.
High Temp. Chem. Processes, **2** (1993) 107-113.

P8 **C. de Izarra et O. Vallée**
Pendules couplés : étude des fréquences propres par analyse de Fourier.
Bulletin de l'Union des Physiciens, **87**, N°759 (1993) 1549-1558.

P9 **N. Cherkaoui, J. Chapelle, C. de Izarra, O. Motapon, J. Picart, N. Tran Minh and O. Vallée**
Recurrence relations for quantal multipole radial integrals.
Journal de Physique II, **4**, (1994), 35-42.

P10 **C. de Izarra et O. Vallée**
On the use of Linear CCD Image Sensors in Optics Experiments.
American Journal of Physics, **62**, (4), 357-361 (1994).

P11 **C. de Izarra et O. Vallée**
Etude des vibrations transversales d'une lame de scie.
Bulletin de l'Union des Physiciens, Numéro Spécial Enseignement Supérieur, **88**, 117-124 (juin 1994).

P12 **C. de Izarra, O. Vallée, J. Picart and N. Tran Minh**
Computation of the Whittaker's functions $W_{k,\mu}(z)$ with series expansions and Padé Approximants.
Computers in Physics (American Institute of Physics), **9**, 318-323, (1995).

P13 **C. de Izarra, O. Vallée**
De l'oscillateur dissipatif au saut en élastique.
Bulletin de l'Union des Physiciens, **89**, 903-911, (mai 1995).
Cet article a été sélectionné pour figurer dans un CD-ROM commercialisé par les Éditions Vuibert.

P14 **C. de Izarra, O. Vallée**
Détente adiabatique d'une mousse sous pression.
Bulletin de l'Union des Physiciens, **80**, 1105-1110, (juin 1996).

P15 **R. Pauvit, C. de Izarra et O. Vallée**
Spectral and acoustic diagnostic of a plasma torch : I - Scaling laws.
High Temperature Material Processes, **1** (1997) 219-227.

P16 **R. Pauvit, C. de Izarra et O. Vallée**
Spectral and acoustic diagnostic of a plasma torch : II - Distribution of acoustic pressure.
High Temperature Material Processes, **1** (1997) 229-237.

P17 **O. Vallée, M. Soares and C. de Izarra**
An integral representation for the product of Airy functions.
Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Physik,**48**, 1-5, (1997).

P18 **O. Vallée, M. Soares and C. de Izarra**
A quantum method for the inversion of bound-free Frank-Condon factors.
Journal of Physics B, **30**, L30-L45 (1997).

P19 **R. Pauvit, C. de Izarra et O. Vallée**
Réfraction des ondes sonores émises par une torche à plasma.
Journal de Physique III, **7**, 1561-1570 (1997).

P20 **O. Vallée and C. de Izarra**
A qualitative model for the description of relaxation oscillations within plasma torches.
High temperature Material Processes, **3**, 227-233 (1999).

P21 **C. de Izarra, M. Pennaneac'h and O. Vallée**
Low power laser process : theoretical and experimental study.
High temperature Material Processes, **3**, 421-431 (1999).

P22 **C. de Izarra, O. Vallée and R. Pauvit**
A new criterion to carry out the transition between the laminar and the turbulent behaviours of a plasma jet.
High temperature Material Processes, **3**, 213-220 (1999).

P23 **C. de Izarra, O. Vallée and R. Pauvit**
Can we speak of turbulence for plasma torches ?
Journal of Technical Physics, **2**, 7-12 (1999).

P24 **C. de Izarra**
Mécanique du yo-yo à débrayage
Bulletin de l'Union des Physiciens, **93**,No818, 1647-1657 (novembre 1999).

P25 **C. de Izarra**
A visual thermodynamical effect
European Journal of Physics, **20**, 267-270 november 1999.

P26 **C. de Izarra**
Computer simulation of the UV OH band spectrum
International Journal of Modern Physics C, Vol.11, No. 5 (2000) 987-998.

P27 **C. de Izarra**
UV OH spectrum used as a molecular pyrometer
J. Phys. D : Applied Physics **33** (2000) 1697-1704.

P28 **J. Caillard, C. de Izarra and L. Brunet**
Experimental Assessment of a 1 kJ electro pyrotechnic device ignited in the 300-1000 V range for ETC studies
IEEE Transactions on Magnetics, Vol. 37, Issue 1, Part 1, january 2001, 152-156.

P29 **C. de Izarra**
The Ashby and Jephcott Interferometer
European Journal of Physics, **22**, 2001, 429-432.

P30 **C. de Izarra et M. Pennaneac'h**
L'expérience de Rüchardt et Rinkel
Bulletin de l'Union des Physiciens, N^{o}837, octobre 2001, 1375-1379.

P31 **C. de Izarra, M. Pennaneac'h and O. Vallée**
Application of refractivity measurements in fluctuating plasma jets
High Temperature Material Processes, Vol.5, Issue 3, (2001), 417-422.

P32 **C. de Izarra**
Interférométrie laser et franges temporelles
Bulletin de l'Union des Physiciens, Vol.96, (février 2002), 53-57.

P33 **C. de Izarra, J. Caillard and . Vallée**
Transition from the Sedov-Taylor blast wave solution up to the sound wave
Modern Physics Letters B, Vol.16, N^o 3 (2002), 69-72.

P34 **P. Gillard, C. de Izarra and M. Roux**
Study of the radiation emitted during the combustion of pyrotechnic charges. Part II : Characterization by fast visualization and spectroscopic measurements
Propellant, Explosives, Pyrotechnics, Vol.27, (2002), 80-87.

P35 **J. Caillard, C. de Izarra, L. Brunet, P. Gillard and O. Vallée**
Experimental investigation of the overpressure generated by a low energy plasma igniter
J. Phys. IV, Vol 12 (2002), Pr7-259.

P36 **C. de Izarra**
La balance à « peser » la Terre
Covalences, N^o 45 (2002), 15-18.

P37 **A. Ilyin, A. Gromov, V. An, F. Faubert, C. de Izarra, A. Espagnacq and L. Brunet**
Characterization of Aluminum Powders I. Parameters of Reactivity of Aluminum Powders
Propellant, Explosives, Pyrotechnics, Vol. 27, (2002), 361-364.

P38 **J. Caillard, C. de Izarra, L. Brunet, O. Vallée and P. Gillard**
Assessment of the blastwave generated by a low energy plasma ignitor and spectroscopic measurements
IEEE Transactions on Magnetics, Vol 39 (2003).

P39 **O. Vallée, J. Caillard and C. de Izarra**
A model for coaxial ablation by plasma at the heat flux threshold
Surface Review and Letters, Vol. 10, N^o 1 (2003), 5 pages.

P40 **H. RABAT** and **C. de IZARRA**,
Direct determination of a global apparatus function in UV OH spectrum thermometry.
JHTMP, Vol. 7, Issue 2, 163-168 (2003).

P41 **C. de IZARRA** and **M. PENNANEAC'H**,
An infrared interferometer with photoacoustic detection.
Meas. Sci. Technol., **15**, 271-274 (2004).

P42 **H. RABAT** and **C. de IZARRA**
Check of OH rotationnal temperature using an interferometric method.
J. Phys. D : Appl. Phys. **37**, 2371-2375 (2004).

P43 **J. CAILLARD**, **C. de IZARRA**, L. BRUNET, P. GILLARD & O. VALLEE,
Experimental investigation of the overpressure generated by a low energy plasma igniter.
Journal of Loss Prevention in the Process Industries, **17**, 77-80 (2004).

P44 **C. de IZARRA**
Une expérience de photoacoustique.
Bulletin de l'Union des Physiciens, Vol.98, 397-403 (mars 2004).

P45 **C. de IZARRA**, **H. RABAT**, **S. BANSARD** & **M. VARDELLE**
Analysis of unresolved thermometric groups of rotational lines of the UV OH spectrum in the range 310-318 nm.
Journal of High Temperature Material Processes, An International Quarterly of High Technology Plasma Process, Vol. 9, Issue 4, 521-530 (2005).

P46 **G. Charles, J.L. Thébault & C. de IZARRA**
Le moteur Stirling sauteur.
Bulletin de l'Union des Physiciens, Vol.99 (février 2005).

P47 **V. AN**, **A. ILYIN** and **C. de IZARRA**
X ray characterization of structural defects in electro-explosive nanopowders.
High Technology Plasma Processes, Vol.9 252-262 (2005).

P48 **C. de IZARRA**, **O. VALLEE**, **L. BRUNET** & **J. CAILLARD**,
Le modèle de SEDOV-TAYLOR et les zones de danger dans les installations pyrotechniques.
La lettre TI-Risques Industriels (Techniques de l'Ingénieur), 4-5, mai-juin 2005.

P49 **C. de IZARRA**, **H. RABAT**, & **M. PENNANEAC'H**,
Thermal perturbation produced by a cylindrical arc plasma at atmospheric pressure.
Journal of High Temperature Material Processes, An International Quarterly of High Technology Plasma Process, Vol. 10, Issue 2, 231-238 (2006).

P50 **D. BION**, **G. CHARLES**, **C. de IZARRA**, **P. GRILLOT** & **J-L THEBAULT** & **I. VAN DEN BOOM**
Le brachisqtochrone, et plus rapide sera la chute.
Journal Covalences, N°61, pp 4-5, Automne 2006.

P51 **Vladimir AN** and **C. de IZARRA**
Photoacoustic determination of thermal conductivity of aluminum nanopowders.
High Temperature Material Processes, Vol.11 601-609 (2007).

P52 **P. GRILLOT**, **G. CHARLES** et **C. de IZARRA**
Approche quantitative du brachistochrone.
Bulletin de l'Union des Physiciens, Vol.101, 999-1007 (Octobre 2007).

P53 **C. de IZARRA**
Diffusion de la culture scientifique : l'exemple de la faculté des sciences de Bourges.
Journal Covalences, N°65, pp 11-13, Automne 2007.

P54 **S. ZIELINSKA**, **K. MUSIOL**, **K. DZIERZEGA**, **S. PELLERIN**, **F. VALENSI**, **C. de IZARRA** and **F. BRIAND**
Investigations of GMAW palsma by optical emission spectroscopy.
Plasma Sources Sci. Technol. Vol.16, 832-838 (2007).

P55 **V. AN**, **E. IVCHENKO** and **C. de IZARRA**
Laser induced oxidation processes in iron, copper and nickel nanopowders
Material Letters, **62**, 2211-2214 (2008).

P56 **N. CERQUEIRA**, **K. KESSENG** and **C. de IZARRA**
Temperatures in an argon-CO_2 arc plasma.
High Temperature Material Processes, Vol.12 81-90 (2008).

P57 **P. MALLET**, **C. de IZARRA** et **F. KHANTINE-LANGLOIS**
L'oscillateur thermique de Trevelyan.
Bulletin de l'Union des Physiciens, Vol.102, 519-526 (Avril 2008).

P58 **S. ZIELINSKA**, **S. PELLERIN**, **F. VALENSI**, **K. DZIERZEGA**, **K. MUSIOL**, , **C. de IZARRA** and **F. BRIAND**
Gas influence on the arc shape in MIG-MAG welding
Eur. Phys. J. Appl. Phys. **43**, 111-122 (2008).

P59 **Zielinska, Sylwia ; Valensi, Flavien ; Pellerin, Nadia ; Pellerin, Stéphane ; Musiol, Karol ; De Izarra, Charles ; Briand, Francis**, *Microstructural analysis of the anode in gas metal arc welding*, *Journal of Materials Processing Technology*, **209**, 3581-3591 (2009)

P60 **De Izarra, Charles**, *L'ombroscopie ou l'examen des ombres*, *Microscoop* **58**, 10-11 (2009-06)

P61 **BREVET**. **Valensi, Flavien ; Briand, Francis ; Moine-Galand, Elodie ; Pellerin, Stéphane ; Pellerin, Nadia ; De Izarra, Charles ; Musiol, Karol**, *Slag-free MIG-MAG Flux-cored wire contining lithium with CO2-based gas and Method for MIG-MAG Electric-arc Welding using a slag-free flux-cored wire*, PCT/FR2009/050863 2009-12-17.

P62 **J.M. GITTON et C. de IZARRA**
Température du filament d'une lampe à incandescence et pyrométrie optique.
Bulletin de l'Union des Physiciens, Vol.104, 547-560 (mai 2010).

P63 **C. de IZARRA and J.M. GITTON**
Calibration and temperature profile of a tungsten filament lamp.
European Journal of Physics, Vol.31, 933-942 (2010).

P64 **Charles de IZARRA and Grégoire de IZARRA**
Stokes equation in a toy CD hovercraft.
European Journal of Physics, Vol.32, 89-99 (2011).

P65 **Vladimir AN, Charles de IZARRA and Gennady SAVELIEV**
Study of nanodispersed aluminum and iron alcosols by photoacoustic spectroscopy.
Optics Communications, Vol.284, 3124-3128 (2011).

P66 **Charles de IZARRA**
Mechanical study of a modern yo-yo.
European Journal of Physics, Vol.32, 1097-1106 (2011).

P67 **Emilie LANGLOIS-BERTRAND and C. de IZARRA**
Experimental characterization of an argon laminar plasma jet at atmospheric pressure.
J. Phys. D : Appl. Phys. **44**, 9 pages (2011).

P68 **Grégoire de IZARRA, Nuno CERQUEIRA and Charles de IZARRA**
Quantitative shadowgraphy on a laminar argon plasma jet at atmospheric pressure.
J. Phys. D : Appl. Phys. **44**, 10 pages (2011).

P69 **Charles de IZARRA et Grégoire de IZARRA**
Théorie de la lubrification dans un mini-hovercraft.
Bulletin de l'Union des Physiciens, Vol.106, N°941 12 pages (février 2012).

P70 **Charles de IZARRA**
Duration of an elastic collision.
European Journal of Physics, Vol.33, 997-1006 (2012).

P71 **Grégoire de IZARRA and Charles de IZARRA**
Quantitative shadowgraphy made easy.
European Journal of Physics, Vol.33, 1821-1842 (2012).

P72 **J. CHAPELLE, C.de IZARRA et O. VALLEÉ**, *Dynamique transitoire d'une boule arrivant sur un disque tournant*, Actes du colloque Modélisation : Atomes, Molécules, Plasmas et Systèmes Dynamiques, Presses Universitaires d'Orléans, (2013) ISBN 978-2-913454-59-0.

P73 **C.de IZARRA et O. VALLEÉ**, *Calcul des fonctions de Whittaker avec les Approximants de Padé*, Actes du colloque Modélisation : Atomes, Molécules, Plasmas et Systèmes Dynamiques, Presses Universitaires d'Orléans, (2013) ISBN 978-2-913454-59-0.

3.2 Conférences internationales. Communications

ConfInt 1 **C. de Izarra and J. Chapelle**
Study of the mixing between a plasma jet and a surrounding cold gas flow.
IX International Conference on Gas discharges and their Applications, Venise, 19-23 septembre 1988.

ConfInt 2 **A. Czernichowski, C. de Izarra and H. Lesueur**
Rotational Temperatures evaluation in a CO_2 + N_2 arc from partially resolved CN and C_2 molecular bands.
International Symposium on Plasma Chemistry, ISPC-8 Tokyo, 1987.

ConfInt 3 **C. de Izarra, J. Chapelle, O. Vallée and A. Czernichowski**
Asymmetry of the Ar I 430 nm argon spectral line in a high pressure arc plasma.
International Conference on Spectral Line Shape, 7-12 juin 1992, Carry-le-Rouet (France).

ConfInt 4 **C. de Izarra, O. Vallée and J. Chapelle**
Study of the route to turbulence in a plasma torch.
Congrès Génie des Procédés Plasmas Thermiques, Gif-sur-Yvette, France, 7-9 septembre 1992.

ConfInt 5 **C. de Izarra and O. Vallée**
Diagnostics of a reactive plasma mixture.
Proceedings of the 13^{th} International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 13), Vol 1, 293-298, Beijing, China, August 18-22 (1997).

ConfInt 6 **C. de Izarra**
A new way to carry out temperature from the UV OH molecular band.
Proceedings of the 14^{th} International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 14), August 2-6, Praha, Czech Republic, Vol I, 315-320.

ConfInt 7 **S. Pellerin, J. M. Cormier, F. Richard, J. Chapelle, K. Musiol, C. de Izarra and F. Kassabji**
Determination of Electrical Parameters of Bi-Dimensional DC Glidarc.
Proceedings of the 14^{th} International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 14), August 2-6, Praha, Czech Republic, Vol II, 1009-1014.

ConfInt 8 **I. Géraud-Grenier, A. Plain, V. Massereau and C. de Izarra**
Particulate Generation in a Pure Methane Radiofrequency Discharge
Proceedings of the 14^{th} International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 14), August 2-6, 1999, Praha, Czech Republic, Vol III, 2217-2222.

ConfInt 9 **C. de Izarra, M. Pennaneac'h and O. Vallée**
Diagnostic of a Recombining plasma jet using the UV OH Band Spectrum
Proceedings of the 14^{th} International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 14), August 2-6, 1999, Praha, Czech Republic, Vol V, 2791-2796.

ConfInt 10 **E. Pawelec, C. de Izarra, C. Delalondre and O. Vallée**
Modelling of the plasma in a wall stabilized cascade arc
« Modern Optics » 2000, Jurata (Poland), October 2000.

ConfInt 11 **M. Bouchez, J.P. Minard, O. Legras, I. Vallet, J. Vally, I. Gökalp, C. de Izarra, O. Vallée, P. Hervé, P. Chelin**
« Rapiere » : an innovative industrial measurement system for scramjet flows
Congrès hypersonique de l'AIAA, Kyoto, 23-27 avril 2001.

ConfInt 12 **J. Caillard, C. de Izarra and L. Brunet**
Experimental Assessment of a 1 kJ electro pyrotechnic device ignited in the 300-1000 V range for ETC studies
10 th Symposium on Electromagnetic Launch Technology, San Francisco, California, April 24-28, 2000.

ConfInt 13 **J. Caillard, C. de Izarra, L. Brunet and O. Vallée**
Spectroscopic investigation of a plasma jet ignitor
Proceedings of the 15^{th} International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 14), july 9-13, 2001, Orléans, France, Vol.III, 1027-1032.

ConfInt 14 **J. Caillard, C. de Izarra, and O. Vallée**
Complete Characterization of a medium voltage capacitor bank (500 V - 1.5 kJ) for plasma discharges
Proceedings of the 15^{th} International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 14), july 9-13, 2001, Orléans, France, Vol.III, 1033-1038.

ConfInt 15 **J. Caillard, C. de Izarra, L. Brunet and O. Vallée**
Plasma material interactions : ablation rates
Proceedings of the 15^{th} International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC 14), july 9-13, 2001, Orléans, France, Vol.VI, 2335-2340.

ConfInt 16 **M. Bouchez, J. P. Minard, O. Legras, I. Vallet, J. Vally, I. Gökalp, C. de Izarra, O. Vallée, P. Hervé, P. Chelin, P. Alkhoury, B. Sarh and V. Avrashkov**
RAPIERE : An innovative industrial measurement system for scramjet flows
Congrès hypersonique de l'AIAA, Kyoto, 23-27 avril 2001.

ConfInt 17 **J. Caillard, C. de Izarra, L. Brunet, O. Vallée and P. Gillard**
Assessment of the blastwave generated by a low energy plasma ignitor and spectroscopic measurements
11 th Symposium on Electromagnetic Launch Technology, Saint-Louis France, May 14-17, 2002.

ConfInt 18 **J. Caillard, C. de Izarra, L. Brunet, P. Gillard and O. Vallée**
Experimental investigation of the overpressure generated by a low energy plasma igniter
4 th International Symposium on Hazards, Prevention and Mitigation of Industrial Explosions, Bourges, France, October 21-25, 2002.

ConfInt 19 **C. de IZARRA** and M. PENNANEAC'H, *The F.I.R.L.I.P.A.D. : the far infrared laser interferometer with photoacoustic detection*.
XVIth International Symposium on Plasma Chemistry ISPC 16, Proceeding p 84. Paper Po2.17. Taormina, Italy, june 22-27, 2003.

ConfInt 20 **H. RABAT** & **C. de IZARRA**, *Direct determination of a global apparatus function in UV OH thermometry.*
XVIth International Symposium on Plasma Chemistry ISPC 16, Proceeding p 85. Paper Po2.18. Taormina, Italy, june 22-27, 2003.

ConfInt 21 **J. CAILLARD**, **C. de IZARRA**, **O. VALLEE** and L. BRUNET, *Characteristics of a plasma jet ignitor.*
XVIth International Symposium on Plasma Chemistry ISPC 16, Proceeding p 264. Paper Po5.6. Taormina, Italy, june 22-27, 2003.

ConfInt 22 **S. ZIELINSKA**, **S. PELLERIN**, K. DZIERZEGA, K. MUSIOL, **C. de IZARRA** and F. BRIAND, *Influence of the applied gas on the arc shape in MIG-MAG welding.*
XVIth International Symposium on Plasma Chemistry ISPC 16, Proceeding p 265. Paper Po5.7. Taormina, Italy, june 22-27, 2003.

ConfInt 23 **S. ZIELINSKA**, K. DZIERZEGA, K. MUSIOL, **S. PELLERIN**, **C. de IZARRA** and F. BRIAND, *Influence du gaz sur la forme de l'arc en soudage MIG-MAG.*
Colloque Franco-Polonais sur les plasmas FRAPOL 2004, 16-19 juin 2004, Bourges, France.

ConfInt 24 **H. RABAT** and **C. de IZARRA**, *Méthode directe de détermination de la fonction d'appareil globale à partir du spectre UV du radical OH.*
Colloque Franco-Polonais sur les plasmas FRAPOL 2004, 16-19 juin 2004, Bourges, France.

ConfInt 25 S. BANSARD, E. LEGROS, M. VARDELLE, A. VARDELLE, P. FAUCHAIS, **H. RABAT** and **C. de IZARRA**, *Diagnostics of two plasma jet flows close to a carbon phenolic composite target using molecular emission spectroscopy.*
Thermal Plasma Process 8 (TPP 8) E-MRS, Strasbourg, France, may 24-28 (2004).

ConfInt 26 **H. RABAT**, **E. MOREAU**, **C. de IZARRA** and **O. VALLEE**, *Study of the thermal perturbation produced by a cylindrical arc plasma at atmospheric pressure.*
XVth International Conference On gas Discharges and their Applications, Toulouse, France, september 5-10 (2004).

ConfInt 27 **H. RABAT** and **C. de IZARRA**, *Check of OH rotational temperature with an interferometric method.*
XVth International Conference On gas Discharges and their Applications, Toulouse, France, september 5-10 (2004).

ConfInt 28 **C. de IZARRA**, **H. RABAT** and **N. CERQUEIRA**, *Analyse interférométrique de la perturbation thermique produite au voisinage d'une colonne de plasma d'arc à 12000 K*.
12emes Journées Internationales de Thermique, Tanger, Maroc 14-18 novembre 2005.

ConfInt 29 **V. AN**, **C. de IZARRA**, A.V. KORSHUNOV, A.Y. GODINECHUK, Y.A. AMELKOVICH and G.V. YABLUNOVSKII, *Methods for the testing of nanopowders*.
European Nanosystems 2005, Paris France, december 14-16 (2005).

ConfInt 30 **F. VALENSI**, N. PELLERIN, S. PELLERIN, K. MUSIOL, C. de IZARRA, S. ZIELINSKA and F. BRIAND
Experimental study of a MIG-MAG welding arc.
13^{th} International Congress on Plasma Physics, ICPP, Kiev, May 22-26, 2006.

ConfInt 31 **V. AN** and **C. de IZARRA**, *Measurements of thermal conductivities of aluminum nanopowders by photoacoustic spectroscopy*.
European Nanosystems 2007, Paris France, december 3-4 (2007).

ConfInt 32 **V. AN**,**N. YAVOROVSKY**, **C. de IZARRA**, **E. IVCHENKO** and **S. ZHURAVKOV**, *Study of the formation of nanofibers in the Fe-Al system*.
The 3rd International Forum on Strategic Technologies IFOST-2008, Hosted by Novosibirsk State Technical University (Novosibirsk, Russia) and Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russia) June 23-29, 2008.

ConfInt 33 **F. VALENSI**,**S. PELLERIN**, **N. PELLERIN**, **K. DZIERZEGA**, **K. MUSIOL**, **C. de IZARRA** and **F. BRIAND**, *Anode experimental study in GMAW*.
Gordon Research Conference (GRC) on Plasma Processing Science, Mount Holyoke College, South Hadley, MA (USA), 13-18 july, 2008.

ConfInt 34 **M. PENNANEAC'H**,**E. LANGLOIS-BERTRAND** and **C. de IZARRA**, *Interaction between a CO*-2 *laser and an atmospheric argon plasma jet*.
II Russian-French Seminar « Nanotechnology, Energy, Plasma, Lasers (NEPL-2008) ». RUSSIA, Tomsk, 15-21 September 2008.

ConfInt 35 **V. AN**,**C. de IZARRA** and **N. YAVOROVSKY**, *Formation of nano-fibers induced by laser irradiation of energetic mixtures of Al and Ni nanopowders*.
II Russian-French Seminar « Nanotechnology, Energy, Plasma, Lasers (NEPL-2008) ». RUSSIA, Tomsk, 15-21 September 2008.

ConfInt 36 **P. GILLARD** and **C. de IZARRA**, *Background learning and in-situ learning*.
French-Russian Workshop « Engineers Competences for Industry of Tomorrow ». Paris, France, December 1, 2008.

ConfInt 37 **C. de IZARRA et E. LANGLOIS-BERTRAND**, *Interaction between a CO2 laser beam and an atmospheric pressure argon plasma jet*, P1.5.09 (2009) 19th International Symposium on plasma Chemistry, ISPC-19 (2009-07-26) Bochum, Allemagne.

ConfInt 38 **E. LANGLOIS-BERTRAND et C. de IZARRA**, *Temperature measurement of an atmospheric plasma jet using MgO* ($B^1\Sigma^+ \rightarrow X^1\Sigma^+$) *molecular spectra*, P2.2.09 19th International Symposium on plasma Chemistry, ISPC-19 (2009-07-26) Bochum, Allemagne.

ConfInt 39 **J. M. BAUCHIRE, E. LANGLOIS-BERTRAND et C. de IZARRA**, *Numerical modelling of a free-burning arc in argon. A tool for understanding the optical mirage effect in a TIG welding device*, /papers/2322 (2009) COMSOL Conference (2009-10-14) Milan Italie

ConfInt 40 **E. LANGLOIS-BERTRAND, J. M. BAUCHIRE and C. de IZARRA**, *Optical mirage effect in a free burning arc*, Oral communication, International Conference on Gas Discharges and Their Applications, GD 2010, Greifswald, Germany, 5^{th}-10^{th} September 2010.

ConfInt 41 **C. de IZARRA, N. CERQUEIRA and G. de IZARRA**, *Quantitative Shadowgraphy on an atmospheric DC laminar argon plasma jet*, Poster, 63 th Gaseous Electronic Conference (GEC), 4^{th}-8^{th} October 2010, Paris, France.

ConfInt 42 **N. CERQUEIRA, K. KESSENG and C. de IZARRA**, *Optical measurements of gas temperature in Ar/CO_2 arc plasmas*, Poster, 63 th Gaseous Electronic Conference (GEC), 4^{th}-8^{th} October 2010, Paris, France.

ConfInt 43 **C. de IZARRA, N. CERQUEIRA and G. de IZARRA**, *Quantitative Shadowgraphy on an atmospheric DC laminar argon plasma jet*.
IV Russian-French Seminar « Nanotechnology, Energy, Plasma, Lasers (NEPL-2010) ». RUSSIA, Tomsk, 25-31 October 2010.

ConfInt 44 **C. de IZARRA, V. AN, G. SAVELIEV**, *Photoacoustic study of nanodispersed colloid systems*.
IV Russian-French Seminar « Nanotechnology, Energy, Plasma, Lasers (NEPL-2010) ». RUSSIA, Tomsk, 25-31 October 2010.

ConfInt 45 **G. de IZARRA, D. HONG and C. de IZARRA**, *Quantitative shadowgraphy on a laminar argon plasma jet at atmospheric pressure. Poster 4.6*.
PLASMA 2011, International Conference on Research and Applications of Plasmas, Warsaw, Poland, september 12-16, 2011.

ConfInt 46 **C. de IZARRA**, *Vibration and rotation temperatures determination from the C_2 Swan molecular bands*.
The 5$^{\text{th}}$ International Seminar « Nanotechnology, Energy, Plasma, Lasers (NEPL-2011) ». Hermsdorf / Jena, Germany, November 1-3, 2011.

ConfInt 47 **C. de IZARRA**, *Généralités sur les plasmas : La Physico-Chimie des Plasmas*.
Manifestations Scientifiques sur les Plasmas et l'Énergie, Université d'Antananarivo, Madagascar, 13-19 décembre 2011.

ConfInt 48 **C. de IZARRA**, *Généralités sur la notion de chaleur : La Chaleur, Monnaie d'Échange de l'Énergie.*.
Manifestations Scientifiques sur les Plasmas et l'Énergie, Université d'Antananarivo, Madagascar, 13-19 décembre 2011.

ConfInt 49 **G. de IZARRA and C. de IZARRA**, *Thermal plasma diagnostics by moiré deflectometry*, 12$^{\text{th}}$ European plasma conference, High-Tech Plasma Processes, Bologna, Italy, 24-29 june 2012..

3.3 Conférences nationales

ConfNat1 **C. de Izarra et B. Oumarou**
Calcul des forces d'oscillateur et des probabilités de transition du cuivre dans l'approximation coulombienne.
45èmes Journées Parisiennes de la S.E.E. : "Ampère, 150 ans après", 19-21 novembre 1986.

ConfNat2 **C. de Izarra, A. Czernichowski, J. Chapelle et N. Tran Minh**
Etude expérimentale de la raie 430 nm de l'argon neutre.
Congrès de la Société Française de Physique, 12-13 septembre 1988, Orsay.

ConfNat3 **P. Pich, C. de Izarra, B. Oumarou, J. Chapelle, H. Van Regemorter, S. Klarsfeld et N. Tran Minh**
Différentes méthodes de calcul des intégrales radiales de transitions dipolaires et quadrupolaires. Application au cuivre.
Congrès de la Société Française de Physique, 12-13 septembre 1988, Orsay.

ConfNat4 **C. de Izarra, S. Pellerin, J. Chapelle et N. Tran Minh**
Etude expérimentale de la raie 430.01 nm de l'argon neutre.
Colloque Collisions et Rayonnement, Orléans, 6-8 septembre 1989.

ConfNat5 **N. Cherkaoui, O. Vallée, P. Pich, C. de Izarra, J. Picart, J. Chapelle et N. Tran Minh**
Traitement quantique unifié de raies spectrales de l'hydrogène (de Lyman Alpha aux raies infra rouges et submillimétriques).
Colloque Collisions et Rayonnement, Orléans, 6-8 septembre 1989.

ConfNat6 **B. Oumarou, C. de Izarra, J. Picart, P. Pich, N. Cherkaoui, S. Klarsfeld, O. Vallée, J. Chapelle et N. Tran Minh**
Comparaison entre différentes méthodes de calcul des intégrales radiales multipolaires entre états de Rydberg.
Colloque Collisions et Rayonnement, Orléans, 6-8 septembre 1989.

ConfNat7 **C. de Izarra, S. Klarsfeld, O. Vallée, P. Pich, N. Cherkaoui, J. Picart, B. Oumarou, J. Chapelle et N. Tran Minh**
Calcul des fonctions de Whittaker.
Colloque Collisions et Rayonnement, Orléans, 6-8 septembre 1989.

ConfNat8 **C. de Izarra, O. Vallée et S. Klarsfeld**
Calcul numérique de la fonction de Whittaker avec une représentation intégrale.
Colloque DIAM, 3-5 juillet 1991, Bourges.

ConfNat9 **O. Vallée et C. de Izarra**
Sur l'évaluation analytique de la distribution de Wigner semi-classique pour son application à l'étude du chaos quantique.
Colloque DIAM, 3-5 juillet 1991, Bourges.

ConfNat10 **C. de Izarra et O. Vallée**
Les ordinateurs dans l'enseignement de la physique.
Congrès de la Société Française de Physique, 2-6 septembre 1991, Caen.

ConfNat11 **C. de Izarra et J. Chapelle**
Etude expérimentale du mélange d'un jet de plasma d'argon avec un écoulement d'argon périphérique froid : mesure des températures et des vitesses.
Congrès Génie des Procédés Plasmas Thermiques, Gif-sur-Yvette, France, 7-9 septembre 1992.

ConfNat12 **C. de Izarra et O. Vallée**
Turbulence dans un jet de plasma d'arc soufflé.
Congrès national de la S.F.P. 93, Toulouse, 4-9 juillet 1993.

ConfNat13 **C. de Izarra et O. Vallée**
Le pendule de Duffing.
Congrès national de la S.F.P. 93, Toulouse, 4-9 juillet 1993.

ConfNat14 **O. Vallée et C. de Izarra**
Sur une amélioration d'une méthode de reflexion.
Colloque DIAM, 1-3 septembre 1993, Bourges.

ConfNat15 **M. Soares, O. Vallée, P. Brault et C. de Izarra**
Calcul semi-classique non perturbatif de la matrice réactance.
Colloque DIAM, 1-3 septembre 1993, Bourges.

ConfNat16 **C. de Izarra et O. Vallée**
Comparaison des différentes méthodes pour calculer les forces d'oscillateurs d'atomes alcalins.
Colloque DIAM, 1-3 septembre 1993, Bourges.

ConfNat17 **S. Pellerin, K. Musiol, B. Pokrzywka, C. de Izarra et J. Chapelle**
Détermination des probabilités de transition de l'argon II.
Colloque DIAM, 1-3 septembre 1993, Bourges.

ConfNat18 **M. Soares, O. Vallée et C. de Izarra**
Sur l'inversion des facteurs de Frank-Condon lié-libre.
Colloque sur la Dynamique des Ions, des Atomes et des Molécules, DIAM 3, Albi, 18-21 juillet 1994.

ConfNat19 **C. de Izarra et O. Vallée**
Approximants de Padé et algorithme de Wynn pour calculer les intégrales radiales dipolaires électriques.
Colloque sur la Dynamique des Ions, des Atomes et des Molécules, DIAM 3, Albi, 18-21 juillet 1994.

ConfNat20 **C. de Izarra, R. Pauvit et O. Vallée**
Mise en évidence de fréquences caractéristiques dans une torche à plasma d'arc soufflé.
Quatrième congrès de la Section Plasma - SFP, Toulouse-Labège, 14-16 septembre 1994.

ConfNat21 **O. Vallée, M. Soares et C. de Izarra**
Une méthode quantique exacte pour l'inversion des facteurs de Franck-Condon lié-libre.
Congrès de la Société Française de Physique (SFP), Marseille, 4-8 septembre 1995.

ConfNat22 **R. Pauvit, C. de Izarra et O. Vallée**
Analyse en ondelettes des signaux émis par une torche à plasma d'arc soufflé.
Congrès de la Société Française de Physique (SFP), Marseille, 4-8 septembre 1995.

ConfNat23 **R. Pauvit, C. de Izarra et O. Vallée**
Distribution de puisance acoustique dans l'écoulement d'un jet de plasma turbulent.
Journées d'études sur les Fluctuations des Arcs dans les plasmatrons, Orléans, 5-6 décembre 1995.

ConfNat24 **O. Vallée, M. Soares et C. de Izarra**
Application de la transformation d'Airy aux paquets d'ondes non-dispersifs.
Colloque sur la Dynalique des Ions, des Atomes et des Molécules DIAM 3, Bourges 15-16 juillet 1996.

ConfNat25 **M. Soares, O. Vallée et C. de Izarra**
Une distribution de Wigner analytique, semi-classique et locale pour l'étude du chaos quantique.
Colloque sur la Dynalique des Ions, des Atomes et des Molécules DIAM 3, Bourges 15-16 juillet 1996.

ConfNat26 **C. de Izarra, O. Vallée et D. Pavé**
Etude d'une colonne d'arc Maecker stationnaire : modèle et expérience
Cinquième Congrès de la Société Française de Physique, Section Plasma, Autrans, France, 5-7 février 1997.

ConfNat27 **R. Pauvit, C. de Izarra et O. Vallée**
Les ondelettes : application aux torches à plasma.
Cinquième Congrès de la Société Française de Physique, Section Plasma, Autrans, France, 5-7 février 1997.

ConfNat28 **O. Vallée, C. de Izarra et R. Pauvit**
Modèle électrique des fluctuations d'un arc.

Deuxièmes Journées d'études sur les Fluctuations des Arcs dans les Plasmatrons, Rouen, 13-14 mars 1997.

ConfNat29 **R. Pauvit, O. Vallée et C. de Izarra**
Modèle des oscillations thermoconvectives d'un plasma thermique en écoulement.
Deuxièmes Journées d'études sur les Fluctuations des Arcs dans les Plasmatrons, Rouen, 13-14 mars 1997.

ConfNat30 **C. de Izarra, O. Vallée et R. Pauvit**
Étude de la fluctuation d'une bulle de plasma.
Deuxièmes Journées d'études sur les Fluctuations des Arcs dans les Plasmatrons, Rouen, 13-14 mars 1997.

ConfNat31 **C. de Izarra et O. Vallée**
Réfractivité des plasmas froids.
Papier 11-08, Congrès de la Société Française de Physique, SFP 97, Paris, 7-10 juillet 1997.

ConfNat32 **C. de Izarra et O. Vallée**
Peut-on parler de turbulence dans une torche à plasma d'arc soufflé ?
1^{er} Séminaire franco-polonais sur les plasmas thermiques dans l'espace et en laboratoire, Varsovie, Pologne, 8-10 décembre 1997.

ConfNat33 **C. de Izarra, M. Pennaneac'h et O. Vallée**
Caractérisation d'un thermocouple pour suivre les fluctuations d'un jet de plasma en extinction
$3^{èmes}$ Journées d'Etudes sur les Fluctuations des Arcs dans les Plasmatrons, Bourges, 27 & 28 avril 1998.

ConfNat34 **C. de Izarra, M. Pennaneac'h et O. Vallée**
Utilisation d'un effet Schlieren pour déterminer la densité électronique dans un jet de plasma d'arc soufflé
$6^{èmes}$ Congrès SFP Plasmas, Orléans, 7-9 avril 1999.

ConfNat35 **C. de Izarra, M. Pennaneac'h et O. Vallée**
Utilisation de l'interférométrie laser pour suivre les fluctuations temporelles d'un jet de plasma d'arc soufflé
$4^{èmes}$ Journées d'Etudes sur les Fluctuations des Arcs dans les Plasmatrons, Limoges, 27 & 28 mai 1999.

ConfNat36 **C. de Izarra, M. Pennaneac'h et O. Vallée**
La réfractivité des plasmas d'arc.
$2^{ème}$ Séminaire franco-polonais sur les plasmas thermiques dans l'espace et en laboratoire, Cracovie, Pologne, 19-22 juillet 1999.

ConfNat37 **M. Pennaneac'h et C. de Izarra**
Mesure de coefficients de transferts convectifs dans une flamme à haute température ($\approx$ 3000 K)
Colloque CNR'IUT 2000, Bourges 14, 15 et 16 juin 2000.

ConfNat38 **J. Caillard, C. de Izarra, L. Brunet et O. Vallée**
Effet des fluctuations temporelles d'une microtorche d'allumage par plasma
$5^{ème}$ Journées d'études sur les fluctuations dans les plasmatrons, Toulouse, 13-14 mars 2001.

ConfNat39 **M. Pennaneac'h, C. de Izarra et B. Chéron**
Valeurs du coefficient d'échange convectif dans les fluides à haute température
Congrès Français de Thermique, SFT 2001, Nantes 29-31 mai 2001.

ConfNat40 **E. Pawelec, C. Delalondre, C. de Izarra and O. Vallée**
Modelization of the Maecker Arc burning in the mixture of argon and nitrogen.
Spring Meeting of the German Physical Society, Berlin, April 2^{nd} - April 6^{th} 2001, Germany.

ConfNat41 **S. Zielinska, S. Pellerin, C. de Izarra, K. Musiol et F. Briand**
Phénomènes liés aux effets anodiques et cathodiques en soudage MIG-MAG.
$3^{ème}$ Séminaire franco-polonais sur les plasmas thermiques dans l'espace et en laboratoire, Varsovie, Pologne, 24-27 septembre 2001.

ConfNat42 **C. de Izarra et M. Pennaneac'h**
Le F.I.R.L.I.P.A.D., Far InfraRed Interferometer with PhotoAcoustic Detection
Congrès PAMO-JSM 2002, Société Française de Physique, Bourges 1-4 juillet 2002.

ConfNat43 **H. Rabat et C. de Izarra**
Etude et simulation du spectre d'émission UV du radical OH
Congrès PAMO-JSM 2002, Société Française de Physique, Bourges 1-4 juillet 2002.

ConfNat44 **H. RABAT** et **C. de IZARRA**,
Utilisation du spectre UV du radical OH dans l'étude des fluctuations des températures de gaz chauds.
6emes Journées d'études des Fluctuations dans les arcs électriques, Clermont-Ferrand, France, 17-18 mars 2003.

ConfNat45 **C. de IZARRA**,
Un interféromètre laser infrarouge destiné à l'étude des fluctuations de la densité électronique des plasmas.
6emes Journées d'études des Fluctuations dans les arcs électriques, Clermont-Ferrand, France, 17-18 mars 2003.

ConfNat46 **H. RABAT** & **C. de IZARRA**,
Utilisation du spectre UV du radical OH dans la thermométrie des gaz chauds.
Colloque Capteur en Région Centre, Bourges, France, 16 octobre 2003.

ConfNat47 **C. de IZARRA** & **M. PENNANEAC'H**,
L'interféromètre laser infrarouge.
Colloque Capteur en Région Centre, Bourges, France, 21 octobre 2004.

ConfNat48 **C. de IZARRA**, **H. RABAT**, S. BANSART & M. VARDELLE,
Analyse thermométrique de groupes de raies rotationnelles non résolues du spectre UV du radical OH dans la gamme de longueurs d'onde 310-318 nm.
Colloque sur les Arcs Électriques 2005 (CAE 2005), Orléans, France, 14-15 mars 2005.

ConfNat49 **D. GROSLIER**, **S. PELLERIN**, **C. de IZARRA** & F. RICHARD,
Application des outils de l'analyse spectrale à la détection de défauts de soudage.
Colloque sur les Arcs Électriques 2005 (CAE 2005), Orléans, France, 14-15 mars 2005.

ConfNat50 **S. ZIELINSKA**, **S. PELLERIN**, K. MUSIOL, **C. de IZARRA**, N. PELLERIN & F. BRIAND,
Influence du gaz utilisé sur le comportement d'un arc de soudage MIG-MAG.
Colloque sur les Arcs Électriques 2005 (CAE 2005), Orléans, France, 14-15 mars 2005.

ConfNat51 **C. de IZARRA**,
Simulation, analyse et exploitation du système vert de la molécule MgO à haute température.
Congrès de la Société Française des Thermiciens, SFT 2006, Proceeding Tome 1, pp489-494, Ile de Ré, France 16-19 mai 2006.

ConfNat52 **F. VALENSI**, S. PELLERIN, S. ZIELINSKA, N. PELLERIN, K. MUSIOL, C. de IZARRA, & F. BRIAND,
Étude de l'accrochage anodique de l'arc de soudage MIG-MAG.
$8^{ème}$ Colloque sur les Arcs Électriques, CORIA, Rouen, 12 et 13 mars 2007.

ConfNat53 **N. CERQUEIRA**, K. KESSENG & C. de IZARRA
Mesure de la température dans une colonne de palsma Ar-CO_2 par une analyse interférométrique.
$8^{ème}$ Colloque sur les Arcs Électriques, CORIA, Rouen, 12 et 13 mars 2007.

ConfNat54 **C. de IZARRA** & M. PENNANEAC'H
Interaction d'un jet de plasma d'argon avec un faisceau laser CO_2 (10.6 μm).
$8^{ème}$ Colloque sur les Arcs Électriques, CORIA, Rouen, 12 et 13 mars 2007.

ConfNat55 **E. LANGLOIS-BERTRAND et C. de IZARRA**, *Interaction d'un faisceau laser CO2 avec un plasma d'argon pur à pression atmosphérique*, () 9eme Colloque sur les arcs électriques, Mines Paris Tech, Sophia Antipolis (2009-03-09) Sophia Antipolis, France.

ConfNat56 **C. de IZARRA**,
Calibration d'une lampe à ruban de tungstène.
7eme Colloque Capteur en Région Centre, Bourges, France, 2009.

ConfNat57 **V. AN, C. de IZARRA, N. Yavorovsky, V. Arkhipov, A. Yakovlev**, *Formation of intermetallic nanofibres under external high energy impact*, () The 3rd Russian-French Seminar "Nanotechnology, Energy, Plasma, Lasers" (2009-11-16) Toulouse, France.

ConfNat58 **N. CERQUEIRA et C. de IZARRA**, *Caractérisation d'une décharge d'arc dans un mélange Ar-CO_2*, $10^{ème}$ Colloque sur les arcs électriques, Centre Européen de la Céramique, Limoges, 14 et 15 mars 2011.

ConfNat59 **C. de IZARRA**, *Conférence invitée : Diagnostic des zones périphériques des arcs électriques*, $10^{ème}$ Colloque sur les arcs électriques, Centre Européen de la Céramique, Limoges, 14 et 15 mars 2011.

ConfNat60 **E. LANGLOIS-BERTRAND et C. de IZARRA**, *Caractérisation expérimentale d'un jet de plasma d'argon laminaire à pression atmosphérique*, $10^{ème}$ Colloque sur les arcs électriques, Centre Européen de la Céramique, Limoges, 14 et 15 mars 2011.

ConfNat61 **C. de IZARRA et K. P. KESSENG**, *Une nouvelle méthode d'exploitation du spectre de C_2*, $12^{ème}$ Congrès de la division plasma de la Société Française de Physique, Polytech'Orléans, Orléans, 22-24 mai 2012.

ConfNat62 **G. de IZARRA et C.de IZARRA**, *Mesures de températures dans les plasmas hors-équilibre avec le spectre UV du radical OH*, $12^{ème}$ Congrès de la division plasma de la Société Française de Physique, Polytech'Orléans, Orléans, 22-24 mai 2012.

ConfNat63 **N. CERQUEIRA et C.de IZARRA**, *Caractéristiques électriques et thermiques d'une décharge d'arc dans un mélange Ar-CO_2*, $12^{ème}$ Congrès de la division plasma de la Société Française de Physique, Polytech'Orléans, Orléans, 22-24 mai 2012.

ConfNat64 **J. CHAPELLE, C.de IZARRA et O. VALLEÉ**, *Dynamique transitoire d'une boule arrivant sur un disque tournant*, Modélisation : Atomes, Molécules, Plasmas et Systèmes Dynamiques, Collegium Sciences et Techniques, Université d'Orléans, Bourges, 23-24 mai 2013.

ConfNat65 **C.de IZARRA et O. VALLEÉ**, *Calcul des fonctions de Whittaker avec les Approximants de Padé*, Modélisation : Atomes, Molécules, Plasmas et Systèmes Dynamiques, Collegium Sciences et Techniques, Université d'Orléans, Bourges, 23-24 mai 2013.

3.4 Conférences et séminaires : Diffusion des Connaissances et rayonnement Scientifique

CDiff 1 **C. de Izarra**
Un nuage de moustiques est-il un gaz parfait ?
11^{me} Salon Inter Régional de l'Innovation et des Transferts de Technologies,
Bourges, 17-19 novembre 1994.

CDiff 2 **C. de Izarra**
Spectroscopie et astronomie.
La Science en Fête, Club d'Astronomie de St Amand-Montrond, 5 octobre 1995.

CDiff 3 **C. de Izarra**
Gulliver et les lois d'échelle.
Festival des Passions Technologiques, Bourges, 17 novembre 1995.

CDiff 4 **C. de Izarra**
Rayonnement et température.
Cycle de conférences scientifiques de la Région Centre, Bourges, 12 novembre 1996.

CDiff 5 **C. de Izarra**
Les oscillateurs.
Festival des Passions Technologiques, Bourges, 28 novembre 1996.

CDiff 6 **C. de Izarra**
Photoacoustique et sonoluminescence
Cycle de conférences scientifiques de la Région Centre, Bourges, 19 octobre 1999.

CDiff 7 **C. de Izarra**
De l'Intelligence économique... À l'Intelligence territoriale
Conférence organisée par le Conseil Général du Cher, Saint-Amand Montrond, 25 janvier 2001.

CDiff 8 **C. de Izarra et K. Musiol**
Le pendule de Foucault, ou comment montrer que la Terre tourne
Conférence organisée dans le cadre des Fêtes de la Sciences, Faculté des Sciences de Bourges, Bourges, jeudi 18 octobre 2001.

CDiff 9 **Co-organisateur de la conférence**
France-Pologne : enjeux culturels, enjeux scientifiques
Conférence organisée dans le cadre des Fêtes de la Sciences, Faculté des Sciences de Bourges, Bourges, vendredi 19 octobre 2001.

CDiff 10 **C. de Izarra**
L'énergie éolienne : une vielle énergie renouvelable
Cycle de Conférences de la Région Centre, Bourges, 10 décembre 2002.

CDiff 11 **C. de IZARRA**,
Courants d'Air : l'énergie éolienne.
Abbaye de Noirlac, Cher, 27 septembre 2003.

CDiff 12 **C. de IZARRA**,
Les géants ne tiennent pas debout.
Cycle de conférences du mardi en Région Centre, Museum de Bourges, Bourges, 14 octobre 2003.

CDiff 13 **C. de IZARRA**,
Le bélier hydraulique.
Fête de la Science 2004, Faculté des Sciences, Site de Bourges, 13 octobre 2004.

CDiff 14 **C. de IZARRA**,
Les géants ne tiennent pas debout.
Conférence donnée dans le cadre de l'année Mondiale de la Physique (AMP 2005), Rectorat de l'académie Orleans-Tours, Orléans, 18 mars 2005.

CDiff 15 **C. de IZARRA**,
L'édition de textes scientifiques.
8èmes Journées des Mathématiques de l'Académie Orléans-Tours, Faculté des Sciences, Site de Bourges, 18 mai 2005.

CDiff 16 **C. de IZARRA**,
Les géants ne tiennent pas debout.
Cycle de conférences du mardi en Région Centre, Museum d'Orléans, Orléans, 13 décembre 2005.

CDiff 17 **C. de IZARRA**,
Écouter le bruit de la lumière . . .c'est possible !
Conférence donnée dans le cadre de l'année Mondiale de la Physique (AMP 2005), Faculté des Sciences, Site de Bourges, 15 décembre 2005.

CDiff 18 **C. de IZARRA**,
Le bélier hydraulique.
Journées Académique de Physique-Chimie, UDPPC, Faculté des Sciences, Site de Bourges, 10 mai 2006.

CDiff 19 **C. de IZARRA**,
Les lois d'échelle.
v Journées Académique de formation, Faculté des Sciences, Site de Bourges, 22 mai 2006.

CDiff 20 **C. de IZARRA**, P. GRILLOT, G. CHARLES et J.-L. THEBAULT
Le brachistochrone et plus rapide sera la chute.
Fêtes de la Science 2006, Faculté des Sciences, Site de Bourges, jeudi 12 octobre 2006.

CDiff 21 **C. de IZARRA**
La chaleur, monnaie d'échange de l'énergie.
Cycle de conférences du mardi en Région Centre, Museum de Bourges, Bourges, mardi 12 décembre 2006.

CDiff 22 **C. de IZARRA**
L'énergétique.
Journée de formation rectorale à destination des professeurs de sciences de l'Indre et du Cher, Faculté des sciences de Bourges, jeudi 18 janvier 2007.

CDiff 23 **C. de IZARRA**
Les lois d'échelle et leur application.
Journée de formation rectorale à destination des professeurs de sciences de l'Indre et du Cher, Faculté des sciences de Bourges, 23 mars 2007.

CDiff 24 **C. de IZARRA**
Résolution graphique de l'équation de la chaleur non stationnaire à une dimension.
Atelier proposé dans la Journée des Mathématiques, Bourges, Université d'Orléans, mercredi 21 mai 2008.

CDiff 25 **C. de IZARRA**
L'éternel retour des oscillateurs.
Cycle de conférences du mardi en Région Centre, Museum de Bourges, Bourges, mardi 9 décembre 2008.

CDiff 26 **C. de IZARRA**
L'ombroscopie ou l'examen des ombres.
Conférence dans le cadre des Fêtes de la Science, Bourges, jeudi 19 novembre 2009.

CDiff 27 **C. de IZARRA**
Les automates cellulaires.
Conférence dans le cadre des Fêtes de la Science 2010, Vierzon, Collège Fernand Léger, 18 octobre 2010.

CDiff 29 **C. de IZARRA, O. VALLÉE et N. GRENON**
Le bestiaire du jeu de la vie.
Conférence dans le cadre des Fêtes de la Science 2010, Bourges, Faculté des Sciences, jeudi 21 ocobre 2010.

CDiff 30 **C. de IZARRA**
Physico-chimie des plasmas : la chimie à très haute température.
Cycle de conférences du mardi en Région Centre, Museum de Bourges, Bourges, mardi 14 décembre 2010.

CDiff 31 **C. de IZARRA**
Le jeu de la vie de John CONWAY.
$14^{\text{ème}}$ Journée Des Mathématiques de l'Académie Orleans-Tours, 18 mai 2011, Faculté des Sciences de Bourges.

CDiff 32 **C. de IZARRA**
L'ombroscopie et la lumière
Conférences à destination des élèves du collège Littré de Bourges dans le cadre des Cordées de la Réussite. 16 octobre et 19 octobre 2012, Collège Littré, Bourges.

CDiff 33 **C. de IZARRA**
La balance à peser la Terre
Cycle de conférences du mardi en Région Centre, Museum de Bourges, Bourges, mardi 15 janvier 2013.

CDiff 34 **C. de IZARRA**
Les transferts de chaleur.
Journée académique Physique-Chimie 2013, Faculté des Sciences de Bourges, mercredi 13 février 2013.

3.5 Referee d'articles

Titre du journal	Nombres d'articles examinés par année
American Journal of Physics	1 fois en 1996
Journal of High Temperature Material Processes	5 fois en 1998-1999 4 fois en 1999-2000 1 fois en 2001 2 fois en 2002 2 fois en 2005 2 fois en 2007 3 fois en 2008 2 fois en 2009
Colloque CNR'IUT 2000	2 fois en février 2000
Colloque de la Société Française des Thermiciens	1 fois en 2002 3 fois en 2003
Colloque TPP7 (Thermal Plasma Process)	7 fois en 2002
Canadian Journal of Physics	1 fois en 2002
Spectroscopy Letters	1 fois en 2004
Colloque TPP9 (Thermal Plasma Processes)	2 fois en 2006
IEEE Transaction on Plasma Science	1 fois en 2007
Journal of Physics D (IOP)	3 fois en 2013
TOTAL	**41 articles examinés**

3.6 Rapports divers et thèses

R1 **C. de Izarra**
Etude expérimentale de la contribution des états excités de l'argon à l'indice de réfraction globale du plasma.
Rapport de stage de DEA de l'Université d'Orléans, septembre 1985.

R2 **C. de Izarra et J. Chapelle**
Validation du modèle HADES : mesure des températures.
Rapport interne du GREMI, décembre 1987.

R3 **C. de Izarra et J. Chapelle**
Validation du modèle HADES : mesure des vitesses par Anémométrie Laser Doppler.
Rapport interne du GREMI, septembre 1988.

R4 **C. de Izarra**
Contribution à l'étude de colonnes de plasma d'argon dans un domaine étendu de températures (2000 K ; 14000 K).
Doctorat en Sciences de l'Université d'Orléans, 4 novembre 1988.

R5 **J.M. Cormier, A. Czernichowski et C. de Izarra**
Compte rendu de mission effectuées par MM. J.M. Cormier, A. Czernichowski et C. de Izarra avec le soutien du Club EDF Arc Electrique à la "IX INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAS DISCHARGES AND THEIR APPLICATIONS",
présenté au Club EDF Arc Électrique le 16 novembre 1988.

R6 **C. de Izarra**
Étude de plasmas d'arcs électriques : diagnostics spectroscopiques et analyses spectrales.
Habilitation à diriger des recheches en Physique soutenue le 1 décembre 1994 à l'université d'Orléans.

R7 **Équipe de Recherche du centre universitaire de Bourges**
Rapport semestriel "Opération Plasmas Froids",
Programme communautaire objectif 2, Mesure 16, FEDER (10 mai 1996).

R8 **Charles de Izarra**
Prospection spectroscopique sur le four à flamme de la société Auxitrol (Bourges),
rapport interne (22 octobre 1997).

R9 **Équipe de Recherche du centre universitaire de Bourges**
Rapport final "Opération Plasmas Froids",
Programme communautaire objectif 2, Mesure 16, FEDER (15 novembre 1997).

R10 **C. de Izarra**
Rapport final "Spectroscopie résolue en temps d'un tir d'étoupille",
Contrat de recherche pour le LEES, août 1998.

R11 **C. de Izarra**
"Prospection spectroscopique d'une flamme de brûleur méthane",
Contrat de recherche pour le LCSR (Laboratoire de Combustion et des Systèmes Réactifs), Janvier 1999.

3.7 Stages et séjours en laboratoire

- Stage de DEA au GREMI, sous la direction des Prs J. Chapelle et A. Czernichowski de mai 1985 à septembre 1985, sur le sujet :
  "Etude expérimentale de la contribution des états excités de l'argon à l'indice de réfraction global du plasma".
- Stage de 5 semaines (juillet 1987) au Laboratoire National d'Hydraulique (LNH) à Chatou dans l'équipe de P.L. Viollet. Le but de ce stage est d'appliquer le modèle numérique HADES à une configuration simple étudiée au laboratoire GREMI.
- Séjour à Rouen (première semaine du mois de février 1988) dans le laboratoire CORIA sous la direction de M. Trinité, afin de procéder à des mesures de vitesses d'écoulements gazeux par Anémométrie Laser Doppler.

3.8 Séminaires et journées d'études

1. Séminaire : 5 décembre 1986
   C. de Izarra et H. Lesueur
   Application des dispositifs photosensibles linéaires en spectroscopie : réalisation d'un analyseur optique multicanal,
   donné au GREMI à l'université d'Orléans.
2. Séminaire : Mai 1988
   C. de Izarra
   Validation du modèle HADES,
   donné au Département ADE, Site EDF des Renardières, Moret-sur-Loing.

3. Séminaire : 9 février 1989
   C. de Izarra
   Validation du modèle HADES : présentation des mesures de vitesses par Anémométrie Laser Doppler,
   Site EDF des Renardières, Moret-sur-Loing.
4. 10 mai 1989
   C. de Izarra
   Journée d'études sur la modélisation des plasmas thermiques.
   Centre de Physique Atomique de Toulouse.
   Communication orale.
5. 12-13-14 novembre 1991
   Ecole de modélisation en génie des plasmas.
   CIRM, Marseille. Présentation d'un Poster.
6. Séminaire : 18 décembre 1992
   C. de Izarra et O. Vallée
   "Méthodes optiques dans la mesure de températures dans les tuyères".
   Société AUXITROL, Bourges.
7. Séminaire : 26 février 1993
   C. de Izarra et O. Vallée
   "Mesure des températures dans les gaz à haute température et dans les plasmas".
   Société AEROSPATIALE, Bourges.
8. Séminaire : 24 octobre 1997
   C. de Izarra
   "Introduction à LaTeX 2ε".
   Faculté des sciences, Site de Bourges.
9. Séminaire : 12 avril 2001
   C. de Izarra
   "Mesure de températures de flammes avec le spectres non résolu du radical OH".
   Laboratoire Vision Robotique, Institut Universitaire de Technologie de Bourges.
10. Séminaire : 20-21 novembre 2006. Séminaire franco-russe organisé à l'université polytechnique de Tomsk (Russie), sur le thème : "Actual problems of Physics and Chemistry."
    C. de Izarra (3 présentations orales)
    "Scaling laws in physics".
    "Renewable energies".
    "Molecular spectroscopy in gas temperature measurements".
11. Séminaire : 23-24 mai 2007, Paris, Maison des Polytechniciens.
    Séminaire de créativité organisé par Air Liquide sur le thème : "Comment focaliser un arc électrique".
12. Séminaire : 12-15 novembre 2007. Séminaire franco-russe organisé à la faculté des sciences de Bourges, en partenariat avec l'université polytechnique de Tomsk (Russie).
    "Nanopowders, Plasmas and lasers.".

4 Participation à des jurys de thèse. Encadrements de stagiaires.

4.1 Participation à des jurys de thèses

1. **Pascale PICH**, (Charles de Izarra examinateur)
   "Étude détaillée des méthodes de calcul des intégrales radiales des transitions dipolaires électriques dans le cadre de l'approximation coulombienne : mise au point d'une nouvelle méthode utilisant les fonctions d'onde JWKB. Application au calcul des forces d'oscillateur d'alcalins".
   Thèse de l'université d'Orléans soutenue à Bourges le 25 mars 1992.
2. **Sostène IBALA**, (Charles de Izarra examinateur)
   "Étude des oscillations chimiques d'un plasma : thermodynamique et cinétique réactionnelle".
   Thèse de l'université d'Orléans soutenue à Bourges le 17 décembre 1993.
3. **Stéphane PELLERIN**, (Charles de Izarra examinateur)
   "Étude de la région cathodique d'un arc soufflé. Détermination des probabilités de transition et des élargissements Stark de l'argon II".
   Thèse de l'université d'Orléans soutenue à Orléans le 25 octobre 1994.
4. **Manuel SOARES**, (Charles de Izarra examinateur)
   "Les fonctions d'Airy en physique atomique et moléculaire ; application à l'inversion des facteurs de Franck-Condon et au chaos semi-classique".
   Thèse de l'université d'Orléans soutenue à Bourges le 12 juillet 1995.
5. **Richard PAUVIT**, (Charles de Izarra examinateur)
   "Étude de la stochasticité d'une torche à plasma d'arc soufflé"
   Thèse de l'université d'Orléans soutenue à Bourges le 21 novembre 1997.
6. **Yves JORDAN**, (Charles de Izarra examinateur)
   "Modèle de la balistique intérieure d'un lanceur électrothermique"
   Thèse de l'université d'Orléans soutenue à Bourges le 21 juillet 1998.
7. **Rémi BOULANGER**, (Charles de Izarra examinateur)
   "La prise de feu et la génération d'incendies en milieu pyrotechnique. Propagation dans un environnement à risques."
   Thèse de l'université de Poitiers soutenue à Poitiers le 22 avril 1999.
8. **Thierry PETAT**,(Charles de Izarra examinateur)
   "Contribution à l'implémentation d'une GPAO à l'Aérospatiake de Bourges"
   Mémoire d'ingénieur en informatique stratégique du CNAM soutenue à Bourges le 2 mars 2001.
9. **Jean CAILLARD**, (Charles de Izarra examinateur)
   "Interactions et transferts énergétiques entre un plasma thermique et un matériau".
   Thèse de l'université d'Orléans soutenue à Bourges le 26 septembre 2001.
10. **David PAVÉ** (Charles de Izarra président)
    "Contribution à l'étude de la structure de flammes turbulentes de prémélanges pauvres de méthane-air."
    Jury : A. Boukhalfa, D. Veynante, R.S. Cant, C. de Izarra, V. Sabel'nikov, I. Gökalp. Orléans, octobre 2002.
11. **Jérôme PONS** (Charles de Izarra examinateur)
    "Diagnostic d'un plasma d'argon fortement ionisé créé par décharge capillaire pour la production de rayonnement extrême-ultraviolet cohérent ".
    Soutenue à Orléans le 20 février 2003.

12. **Stéphanie GUILLOT** (Charles de Izarra président)
"Étude optique et spectroscopique du plasma d'arc dans un disjoncteur basse tension."
Jury : A. Lefort, M. Razafinimanana, C. Fleurier, C. de Izarra. Orléans, 5 novembre 2003.

13. **Stéphane Pellerin** (Habilitation à diriger des recherches)
"Plasmas basse température en physique atomique et moléculaire. Applications technologiques."
Jury : P. Fauchais, B. Chéron, K. Musiol, B. Held, C. de Izarra & J.M. Cormier. Bourges, 6 février 2004.

14. **Hervé RABAT**
"Utilisation du spectre du radical OH dans la métrologie des hautes températures des gaz chauds et des plasmas."
Jury : D. Morvan, B. Chéron, C. de Izarra, M. Vardelle, J.P. Geindre, T. Dudock De Wit. Bourges, 22 octobre 2004.

15. **Thierry LACHAUX** (Charles de Izarra président)
"Étude des effets de la haute pression sur la structure et la dynamique des flammes de prémélange pauvres de méthane-air."
Jury : C. de Izarra, O. Veynante, A. Boukhalfa, C. Bérat, M. Bernard, I. Gökalp. Orléans, 2 juin 2004.

16. **Peggy LAMY** (Charles de Izarra président)
"Étude physico-chimique d'un composé pyrotechnique. Mise en œuvre, modélisation et sécurisation."
Jury : R. Erre, C. de Izarra, D. Chulia, G. Thomas, P. Folly, L. Brunet. Orléans (site de Bourges), 30 juin 2004.

17. **Nabil BELARADH** (Charles de Izarra président)
"Modélisation et simulation d'une flamme turbulente non prémélangée. Effet de la pression et de la composition du mélange."
Jury : J.M. Most, M. Sassi, B. Sahr, I. Gökalp, P. Meunier, C. de Izarra. Orléans , 12 juillet 2004.

18. **Laurent DELAIR** (Charles de Izarra rapporteur)
"Caractérisation de sources plasmas dédiées à la simulation de rentrées atmosphériques et au traitement des polluants : arc soufflé basse pression et décharge glissante atmosphérique."
Jury : M. Abbaoui, C. de Izarra, J.L. Brissot, B. Chéron, M. Ledoux, P. Vervish. Rouen, 16 novembre 2004.

19. **Christophe CHAZELAS** (Charles de Izarra rapporteur)
"Vers l'optimisation d'un procédé d'arc transféré pour la production de nanopoudres d'oxydes."
Jury : P. André, C. de Izarra, P. Fauchais, J.F. Coudert, A. Vardelle, M. Vardelle. Limoges, 29 novembre 2004.

20. **Sébastien BANSARD**
"Étude de l'ablation d'un composite fibres de carbone, résines phénoliques par impacts de gouttelettes d'alumine."
Jury : P. André, C. de Izarra, P. Fauchais, J.F. Coudert, A. Vardelle, M. Vardelle. Limoges, 29 novembre 2004.

21. **Ouassima SARROUKH** (Charles de Izarra président)
"Caractérisation d'une source de rayonnement extrême ultraviolet EUV par décharge capillaire. Mise en évidence du seuil d'ablation des parois."
Jury : P. Millet, M. Vrbova, C. de Izarra, J. Y. Rolic, C. Cachoncinlle, C. Fleurier, M. Hugret. Orléans , 31 janvier 2005.

22. **Sylvia ZIELINSKA** (thèse co-tutelle LASEP et Université Jagellonne
"Propriétés physiques du plasma MIG-MAG."
Jury : J. Musielok, B. Chéron, K. Musiol, C. de Izarra, W. Gawlik, S. Pellerin. Cracovie, 24 mars 2005.

23. **Ratiba BENZERGA** (Charles de Izarra président)
"Optimisation de la croissance de couches minces de composés par ablation laser."
Jury : C. Leborgne, J. Perrière, C. de Izarra, G. Sudouard, A. Danscher. Orléans , 6 décembre 2005.

24. **Xin TU** (Charles de Izarra rapporteur)
"Caractérisation de plasmas atmosphériques générés par une torche à double anode destinée à la vitrification des REFIOM."
Jury : C. de Izarra, X. Cai, K. Cen, B. Chéron, Z. Luo. Rouen, 27 octobre 2006.

25. **Édouard SAVIGNON** (Charles de Izarra Examinateur)
"Modélisation et étude d'une décharge filamentaire à basse intensité et haute pression dans l'argon."
Jury : B. Held, B. Pokrzyva, C. de Izarra, O. Vallée. Bourges, université d'Orléans, 25 mai 2007.

26. **Ali Jawad MANSOUR** (Charles de Izarra rapporteur)
"Caractérisation expérimentale d'un plasma d'arc électrique en vue du contrôle de la synthèse de nanotubes de carbone nanoparois."
Université Paul Sabatier, Toulouse III, 19 juin 2007.

27. **Flavien VALENSI** (Charles de Izarra examinateur)
"Contribution à l'étude des phénomènes liés aux effets anodiques et cathodiques en soudage MIG-MAG."
Jury : K. Bouhadef, D. Morvan, G. Cernogora, F. Briand, C. de Izarra, N. Pellerin, S. Pellerin. Bourges, université d'Orléans, 19 décembre 2007.

28. **Olivier TINGAUD** (Charles de Izarra rapporteur)
"Élaboration de dépôts à gradients de propriétés par projection plasma de suspensions de particules submicroniques"
Jury : D. Morvan, C. de Izarra, G. Montavon, P. Fauchais, J. F. Coudert, T. Chartier. Université de Limoges, 27 novembre 2008.

29. **Maxime RIBIERE** (Charles de Izarra président)
"Spectroscopies d'émission et d'absorption appliquées à l'analyse de plasmas produits par impulsion laser."
Jury : C. Leborgne, A. Bultel, D. Karabourniotis, B. Chéron, C. de Izarra. Université de Rouen, 28 novembre 2008.

30. **Marie-Pierre PLANCHE (Habilitation à Diriger des Recherches)**
(Charles de Izarra examinateur)
"Contrôles et diagnostics en projection thermique : vers une optimisation des procédés et des dépôts."

Jury : J.F. Coudert, A. Gleize, M. Jeandin, C. Coddet, C. de Izarra, P. Fauchais, P. Hervé, D. Morvan. Université de Technologie Belfort-Montbéliard, Site de Sevenans, 10 Juin 2009.

31. **Sylvain ROUSSEAU** (Charles de Izarra Rapporteur)
"Développement du procédé de purification du silicium par plasma thermique RF. Mécanisme d'élimination des impuretés : effet simultané de la polarisation électrique du silicium liquide et de la composition du plasma.."
Jury : J. Amouroux, J.F. Coudert, C. de Izarra, D. Lincot, D. Morvan, P. Rivat. Université Pierre et Marie Curie, ENSCP, Paris, 8 juillet 2009.

32. **Vincent RAT (Habilitation à Diriger des Recherches)**
(Charles de Izarra examinateur)
"Procédés plasmas avancés pour l'élaboration de matériaux céramiques finement structurés."
Jury : P. André, B. Chéron, D. Morvan, C. de Izarra, J. Aubreton, J.F. Coudert. Université de Limoges, 8 Juin 2010.

33. **Karl Patrick KESSENG**
(Charles de Izarra examinateur. Co-encadrant.)
"Utilisation de l'interférométrie optique et de la spectroscopie optique d'émission pour étudier un mélange gazeux Ar/CO_2 à haute température."
Jury : C. de Izarra, O. Vallée, D. Njomo, J. F. Coudert, B. Pokrzywka, J.M. Cormier. Université d'Orléans, site de Bourges, le 16 décembre 2010.

34. **Nir ELIEZER**
(Charles de Izarra président.)
"Analyse multiélémentaire des impuretés du silicium par LIBS."
Jury : M. Benmansour, D. Morvan, B. Chéron, J. van der Mullen, V. Detalle, J.P. Garandet, C. de Izarra, F. Boulle. Université Pierre et Marie Curie, ENSCP, Paris, 7 février 2011.

35. **Malek Benmansour (Habilitation à Diriger des Recherches)**
(Charles de Izarra rapporteur.)
"Étude des processus de transfert à l'interface plasma-matériau"
Jury : J. Amouroux, D. Morvan, M. Sabsabi, D. Lincot, P. Sagaut, G. Flamant, C. de Izarra, M. Vardelle, B. Ceccaroli. Université Pierre et Marie Curie, ENSCP, Paris, 31 mai 2011.

36. **Ravo RAMANANTSOA** (Charles de Izarra examinateur)
"Caractérisation expérimentale d'un plasma d'arc et de son interaction avec les électrodes."
Jury : J.F. Coudert, D. Hong, C. de Izarra, O. Eichwald, J.J. Gonzalez, M. Masquère. Université Paul Sabatier, Toulouse III, 28 septembre 2011.

37. **{Émilie LANGLOIS-BERTRAND**
(Charles de Izarra examinateur. Encadrant.)
"Caractérisation d'un jet de plasma d'argon laminaire : détermination des champs de températures par spectroscopies atomique et moléculaires et mesures de vitesses d'écoulement."
Jury : C. de Izarra, J.F. Coudert, M.P. Planche, J. Van Der Mullen, D. Morvan, B. Pateyron. Université d'Orléans, site de Bourges, le 7 novembre 2011.

38. **Vonjy RAMAROZATOVO (thèse en co-tutelle France/Madagascar** (Charles de Izarra rapporteur)
"Élaboration in-situ et caractérisation de nanotubes hétérogènes par plasma d'arc électrique."
Jury : P. André, C. de Izarra, M. Razafinimanana, M. Monthioux, V. Serin, M. Rakotomalala, Y. Andrianaharison, P. Andrianary, Z. Randriamanantany. Université d'Antananarivo, Madagascar, le 15 décembre 2011.

39. **{Wouter GRAEF**
(Charles de Izarra examinateur.)
"Zero-dimensional models for plasma chemistry"
Jury : G.M.W Kroesen, J.J.A.M. van der Mullen, W.J. Goedheer, J. van Dijk, G. Degrez, C. de Izarra, L.P.J. Kamp, Y.K. Pu, Université d'Eindhoven, Pays-Bas, le 26 juin 2012.
40. **David DAMIANI (Habilitation à Diriger des Recherches)**
(Charles de Izarra rapporteur.)
"Élaboration, mise en forme et caractérisation de matériaux pour l'énergie par interaction rayonnement matière"
Jury : Charles de Izarra, Chantal Leborgne, Igor Smurov, Dominique Gros, Alain Denoirjean, Pierre Fauchais, Alain Gleizes, Armelle Vardelle. Université de Limoges, Limoges, 13 décembre 2012.
41. **Viviana LAGO (Habilitation à Diriger des Recherches)**
(Charles de Izarra président.)
"Contribution à l'étude des plasmas hors d'équilibre appliqués aux écoulements supersoniques raréfiés et à la combustion"
Jury : Christophe Laux, Irina Demina-Martin, Ajmal Mohamed, Charles de Izarra, Arnaud Bultel, Iskender Gokalp, Brunon Chanetz. Université d'Orléans, Orléans, 4 avril 2013.

4.2 Encadrements de stagiaires

1. Stage de maîtrise de physique de l'Université d'Orléans.
Nicolas GATESOUPE
"Étude spectrale des signaux émis par un générateur à plasma d'arc soufflé. Analyse sonore."
Bourges, mai-juillet 1992.
2. Stage de maîtrise de physique de l'Université d'Orléans.
Richard PAUVIT
"Étude spectrale des signaux émis par un générateur à plasma d'arc soufflé. Transition vers la turbulence."
Bourges, mai-juillet 1992.
3. Stage de DEA de physique des gaz et des plasmas de l'Université d'Orléans.
Richard PAUVIT
"Lois d'échelle et simulation du fonctionnement d'une torche à plasma d'arc soufflé en régime turbulent."
Bourges, 12 avril - 17 septembre 1993.
4. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
Béatrice ROY
"Modélisation de fissures à l'aide d'un modèle d'agrégation par diffusion limitée (modèle DLA)."
Bourges, mai-juillet 1994.
5. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
Jean-Yves JASKULSKI
"Analyse spectrale par la méthode des ondelettes"
Bourges, mai-juillet 1994.
6. Stage de maîtrise de physique de l'Université d'Orléans.
Aline GAUSSET

"Réalisation et tests d'un circuit électronique permettant d'obtenir des signaux électriques chaotiques."
Bourges, mai-juillet 1995.

7. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
   Yann LE RUMEUR
   "Étude cinématique d'un anagyre."
   Bourges, mai-juillet 1995.
8. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
   Philippe EMERY et Chistophe MOUROT
   "Le modèle DLA (Diffusion by Limited Agragation) appliqué aux phénomènes de propagation des fissures dans les matériaux."
   Bourges, mai-juillet 1995.
9. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
   Vincent NARDIN et Patrice ZAWADSKI
   "Conception d'un arc Maecker."
   Bourges, mai-juillet 1995.

10. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
    Gilles BERNIER et Jean-Marc PELOUARD
    "Le pendule double."
    Bourges, mai-juillet 1995.
11. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
    A. SAMI et S. PICHOT
    "Étude d'un haut parleur bass-reflex."
    Bourges, mai-juillet 1996.
12. Stage de maîtrise de physique de l'Université d'Orléans.
    David PAVE
    "Étude d'une colonne de plasma d'argon : modèle numérique et expériences."
    Bourges, mai-juillet 1996.
13. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
    F. BARBEU
    "La sonoluminescence"
    Bourges, avril-juin 1997.
14. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
    J. B. CIVRAY et N. LARDREAU
    "Anémométrie laser Doppler"
    Bourges, avril-juin 1998.
15. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
    D**. GUILBERT**
    "Interféromètre d'Ashby et Jephcott"
    Bourges, avril-juin 1999.
16. Stage de maîtrise de technologie mécanique, Bourges, Université d'Orléans.
    J. BREUZIN
    "Analyse acoustique des vibrations d'une barre métallique"
    Bourges, avril-juin 1999.
17. Stage de maîtrise de physique de l' Université d'Orléans.
    P. AMICHAUD
    "Spectroscopie du radical OH à haute température"
    Bourges, mars-juin 1999.
18. Stage de DEA d'énergétique de l'Université d'Orléans, option plasma.
    Adil EL AOUMRANI
    "Etude de la faisabilité d'un interféromètre laser infrarouge"
    mars-septembre 1999.
19. Stage de maîtrise de Sciences de la production industrielle.
    D. LUPI et G. GRAILLOT
    "Mise en place d'une chaîne d'acquisition spectroscopique"
    Bourges, mars-juin 2000.
20. Stage de maîtrise de Technologie Mécanique.
    D. BOUTECULET
    "Utilisation de SCILAB dans le traitement des spectres atomiques"
    Bourges, mars-juin 2001.

21. Stage de DUT de mesures physiques Option TI.
    S. BEGUE
    "Pilotage et interfaçage d'un laser CO_2"
    Bourges, 8 avril - 24 juin 2002.

22. Stage de recherche post-doctoral
    V. AN
    Étude de nanopoudres d'aluminium. Stage financé par La Région Centre. LASEP et LEES, Université d'Orléans, Mars-novembre 2003.

23. **A. DUCHIER**,
    Les inversions en physique : l'inversion d'Abel.
    TIPE du lycée Alain Fournier, Bourges, avril - juin 2003.

24. **K. KUKIELKA**,
    Utilisation de SCILAB et de SCISCOS.
    Stagiaire ERASMUS de l'Université Polytechnique de Koszalin, Pologne, 1er mars-14 juillet 2003.

25. Stage de maîtrise de Technologie mécanique de l'université d'Orléans.
    D. GROSLIER,
    Application des outils d'analyse spectrale à la détection de défauts de soudage. Bourges, 31 mars-11 juillet 2003.

26. Stage de recherche post-doctoral.
    V. AN,
    Recherches sur le vieillissement de nanopoudres d'aluminium fabriquées par voie plasma (fils explosés). Stage financé un contrat avec la Société des Matériaux Energétiques (SME), LASEP 1er mars -30 juin 2004.

27. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
    Justine ETIENNE,
    Étude interférométrique d'une flamme laminaire.
    Stage effectué au LASEP à Bourges du 2 mai 2004 au 2 juillet 2004.

28. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
    P. MALLET,
    L'oscillateur de Trevelyan. Stage au LASEP janvier - avril 2006.

29. **M. PERNIER**,
    Mise en place d'un observatoire de la vie étudiante dans le Cher. La fonction "Recherche" dans l'enseignement supérieur. Stage de formation d'attaché territorial, LASEP 11 - 13 juillet 2006.

30. Stage de master recherche deuxième année dans le cadre de la coopération avec l'université polytechnique de Tomsk (Russie).
    Anna ASTANKOVA,
    Étude des structures poreuses d'oxydes-hydroxydes d'aluminium formées lors de l'interaction de nanopoudres d'aluminium avec l'eau.
    Stage au LASEP (Bourges) du 11 octobre 2006 au 6 janvier 2007.

31. Stage de master recherche deuxième année dans le cadre de la coopération avec l'université polytechnique de Tomsk (Russie).
    Ekaterina IVCHENKO,

Propriétés physico-chimiques des nanopoudres de fer, de nickel et de cuivre obtenues par explosion électrique de fils.
Stage au LASEP (Bourges) du 11 octobre 2006 au 6 janvier 2007.

32. Stage de master recherche deuxième année dans le cadre de la coopération avec l'université polytechnique de Tomsk (Russie).
Ekaterina KLIMENKO,
Étude du seuil de combustion des produits finaux des mélanges de poudres Fe-Al, Cu-Al, Ni-Al en utilisant un effet photoacoustique.
Stage au LASEP (Bourges) du 11 octobre 2006 au 6 janvier 2007.
33. Stage de master recherche deuxième année dans le cadre de la coopération avec l'université polytechnique de Tomsk (Russie).
Valeriya POGREBENKOVA,
Étude du coefficient d'absorption des mélanges de nanopoudres (Cu-Ni, Cu-Fe, W-Pb-Sn, Cu-Zn).
Stage au LASEP (Bourges) du 11 octobre 2006 au 6 janvier 2007.
34. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
G. de IZARRA et C. GUGGIARI,
Étude d'une cuve à solitons.
Stage au LASEP mars - mai 2007.
35. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
Héloise DUBUISSON,
L'équation de Hill-Mathieu.
Stage au LASEP mars - mai 2007.
36. Stage de master recherche première année (Expertise, Mesures, Diagnostic).
Émilie LANGLOIS-BERTRAND,
Bremsstrahlung inverse sur un jet de plasma d'argon pur.
Stage au LASEP (Bourges) du 2 avril 2007 au 29 juin 2007.
37. Stage de recherche doctoral dans le cadre de la coopération avec l'université polytechnique de Tomsk (Russie).
Ekaterina IVCHENKO,
Étude théorique et expérimentale des processus de transferts de chaleur lors de l'amorçage au laser CO_2 de mélanges énergétiques de nanopoudres d'Al, Fe et Ni.
Stage au LASEP (Bourges) du 25 novembre 2007 au 6 février 2008.
38. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
E. THOUIN et A. TAVERNIER,
Projets sur les matériaux isolants.
Stage au LASEP Septembre 2007 - Janvier 2008.
39. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
G. de IZARRA et C. GUGGIARI,
L'équation de Stokes appliquée aux Hovercrafts.
Stage au LASEP Septembre 2007 - Janvier 2008.
40. Stage de master recherche deuxième année (université d'Orléans).
E. LANGLOIS-BERTRAND,
Analyse de l'interaction d'un faisceau laser CO_2 avec un plasma à pression atmosphérique.
Stage au LASEP du 03/03/2008 au 31/08/2008.

41. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
R. VERNAUDON,
Détermination de la température d'une lampe à filament de tungstène.
Stage au LASEP Septembre 2008 - Janvier 2009.
42. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
J. DEPARDIEU et A. GALLEGO,
Résonance acoustique dans une boîte plastique de CD cylindrique.
Stage au GREMI du 26 octobre au 6 novembre 2009.
43. Stage d'immersion recherche : master recherche deuxième année (université d'Orléans).
Ildar KUZAYEV,
Résolution de l'équation de Poisson en coordonnées cartésiennes 2D et application à l'ombroscopie.
Stage au GREMI du 01/10/2009 au 01/11/2009.
44. Stage d'immersion recherche : master recherche première année (université d'Orléans), accueil d'un étudiant russe de l'université polytechnique de Tomsk, dans le cadre des accords de coopération entre l'université d'Orléans et l'université Polytechnique de Tomsk (Russie).
Alexey RAZIN,
Study of laser induced breakdown in different gases.
Stage au GREMI et à l'Institut PRISME (Fédération EPEE) du 18/03/2010 au 18/05/2010.
45. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
R. SOULAT et R. THIMOTÉ,
Lampe étalon à filament de tungstène à calibrer.
Stage au GREMI, site de Bourges. 18 octobre - 12 novembre 2010.
46. Stage d'immersion recherche : master recherche première année (université d'Orléans) en collaboration avec ICERMA (centre d'Innovation en Céramique et Matériaux Avancés).
Laura NONNET,
Participation à l'étude de faisabilité d'amélioration des échanges thermiques dans une enceinte micro-onde par ajout de particules dans des matrices céramiques.
Stage au GREMI et à ICERMA du 1/04/2011 au 31/07/2011.
47. Stage de licence de physique de l'université d'Orléans.
P. GERMANICUS et Anthony JUMELLE,
Étude d'un exemple de bioluminescence.
Stage au GREMI, site de Bourges. 25 octobre - 15 décembre 2011.
48. Stage de master recherche première année (université d'Orléans).
Romain THIMOTHÉE,
Utilisation de la déflectométrie moiré dans le diagnostic des arcs électriques.
Stage au GREMI du 02/04/2012 au 29/06/2012.
49. Stage de master recherche première année (université d'Orléans).
Rémi SOULAT,
Diagnostic optique d'une décharge hors-équilibre par spectroscopie moléculaire.
Stage au GREMI du 02/04/2012 au 29/06/2012.

4.3 Encadrement de thèse et d'études post-doctorales.

1. J'ai co-encadré la thèse de R. Pauvit (soutenue le 21 novembre 1997) sur l'étude de la fluctuation des plasmatrons en utilisant les outils de transformation en ondelettes.

2. J'ai co-encadré la thèse de monsieur Jean Caillard dont la soutenance a eu lieu le 26 septembre 2001. Son sujet de thèse est l'étude et la mise au point de micro torches d'allumage par plasma. Le financement de sa thèse a été assuré en partie par le Conseil Régional de la Région Centre, et en partie par la société GIAT Industries (Bourges). Monsieur Jean Caillard a été embauché par GIAT Industries au mois de novembre 2001.
3. J'ai co-encadré le travail de recherche post doctoral du Dr Ewa Pawelec, jeune chercheur polonaise dont le séjour a été financé par le Conseil Régional de la Région Centre (période du 1er septembre 1999 au 31 mai 2000). Son étude a porté sur l'analyse spectroscopique d'un plasma généré à partir d'un mélange d'argon et d'azote. Les mesures obtenues par spectroscopie d'émission sont comparées aux résultats issus d'un modèle d'écoulement de plasma mis au point par le Laboratoire National d'Hydraulique (LNH, EDF Chatou).
4. J'ai également co-encadré le travail de recherche du Sylwia Zielinska (période : 01/03/2000 au 31/12/2000), jeune chercheur polonaise de l'université Jagellone (Cracovie) qui a été recrutée dans mon équipe pour étudier le comportement des arcs de soudure MIG en fonction du gaz plasmagène utilisé. Cette étude a été totalement financée par la Société Air Liquide (Centre d'Etudes sur le Soudage).
5. Encadrement de Monsieur Hossein NASSAR, enseignant-chercheur libanais, qui a effectué un séjour de 1 mois au LASEP (du 15/09/00 au 15/10/00) sur le thème de la spectroscopie moléculaire des molécules diatomiques dans les plasmas à pression atmosphérique.
6. J'ai encadré et accueilli un jeune chercheur russe de l'Institut des Hautes Tensions de Tomsk (Russie) — Vladimir AN — pour travailler sur la caractérisation de poudres nanométriques d'aluminium obtenues par un procédé plasmagène (fils explosifs). Ce stagiaire post-doctoral, invité initialement par GIAT-Industrie (Bourges) est resté à Bourges pendant 6 mois (période du 15/09/2000 au 18/03/2001). Des collaborations avec son laboratoire d'origine sont en cours.
7. J'ai encadré les travaux de monsieur Hervé RABAT dans le cadre d'une thèse de l'université d'Orléans totalement financée par le Conseil Régional de la Région Centre. Les travaux de recherche concernent l'utilisation du radical OH pour mesurer les températures de flammes (H_2+O_2) et de plasmas. La thèse a été soutenue le 22 octobre 2004.
8. Encadrement des travaux de M. Vladimir AN, chercheur de l'Institut des Hautes Tensions de l'Université polytechnique de Tomsk (Russie), dans le cadre d'un stage post-doctoral sur la caractérisation de nano-matériaux obtenus par plasma ; ce stage, totalement financée par des fonds régionaux (Région Centre) a débuté le 1^{er} mars 2003 et duré 9 mois.
9. Co-encadrement de Karl KESSENG dans le cadre d'une thèse en co-tutelle entre le LASEP et l'université d'Yaoundé (Cameroun) débutée le 2 octobre 2006. Titre de la thèse : *"Utilisation de l'interférométrie optique et de la spectroscopie optique d'émission pour étudier un mélange gazeux Ar+CO_2 à haute température"*. Co-direction avec O. Vallée.
10. Encadrement de mademoiselle Ekatarina IVCHENKO, doctorante inscrite à l'université polytechnique de Tomsk (Russie) dans le cadre d'un séjour de recherche au LASEP dans mon équipe de recherche du 25 novembre 2007 au 6 février 2008.
11. Encadrement de mademoiselle Émilie LANGLOIS-BERTRAND, doctorante dans mon équipe de recherche du 01/09/2008 au 7/11/2011 (Allocation de recherche ministérielle) sur la spectroscopie des bandes moléculaires de MgO à haute température.

5 RESPONSABILITÉS ADMINISTRATIVES

5.1 Recherche

Animation d'une équipe de recherche au LASEP puis au GREMI (depuis le 1er janvier 2009) sur la métrologie des hautes températures.

5.1.1 Organisation de séminaires et colloques

Membre du comité local d'organisation du colloque francophone DIAM (Dynamique des Ions, des Atomes et des Molécules) qui regroupe environ 200 chercheurs.

1^{er} Colloque DIAM :	Bourges, 3-5 juillet 1991.
2^{eme} Colloque DIAM :	Bourges, 1-3 septembre 1993.
4^{eme} Colloque DIAM :	Bourges, 16-18 juillet 1996.

Coordinateur des 3^{emes} Journées d'Études sur les Fluctuations des Arcs dans les Plasmatrons qui sont déroulées à Bourges les 27 et 28 avril 1998. Ces journées d'études ont réuni une quarantaine de personnes.

Membre du comité d'organisation du congrès PAMO-JSM (Physique Atomique et Molécules, Journées de Spectroscopie Moléculaire) qui s'est tenu à Bourges du 1 au 4 juillet 2002.

Membre du comité d'organisation du colloque Franco-Polonais sur les plasmas naturels et spatiaux (Frapol) qui s'est tenu à Bourges au mois de juin 2003, puis à Opole (Pologne) en 2005.

Membre du comité scientifique du Colloque du les Arcs Électriques depuis 1998, et qui se réunit tous les deux ans. *Le colloque sur les Arcs Électriques* est une extension des *Journées d'études sur les fluctuations dans les plasmatrons*.

Organisateur du Séminaire franco-russe à la faculté des sciences de Bourges, en partenariat avec l'université polytechnique de Tomsk (Russie) sur les thèmes : *"Nanopowders, Plasmas and lasers."*, du 2 au 15 novembre 2007. Ce séminaire a concerné une vingtaine de personnes, dont une dizaine de chercheurs de l'université polytechnique de Tomsk (Russie).

Membre du comité d'organisation du Deuxième Colloque Franco-Russe « Nanotechnology, Energy, Plasma, Lasers (NEPL-2008) ». RUSSIA, Tomsk, 15-21 September 2008.

Organisateur du colloque *Modélisation : Atomes, Molécules, Plasmas et Systèmes Dynamiques*, qui a regroupé une cinquantaine de participants au Collegium Sciences et Techniques, Université d'Orléans, Bourges, les 23-24 mai 2013. Ce colloque a donné lieu à une publication des Presses Universitaires d'Orléans, (2013) ISBN 978-2-913454-59-0 (éditeur ; Charles de Izarra, co-éditrice Marylène Vallée).

5.1.2 Gestion de contrats de recherche

Gestion d'un contrat de recherche industriel avec la Société Air Liquide (mars 2000-décembre 2000) sur l'étude du comportement d'un arc de soudage MIG (Metal Inert Gas). Ce contrat, sur lequel travaille mademoiselle Sylwia Zielinska (de l'université Jagellone, Cracovie, Pologne), doit aboutir sur une thèse en co-tutelle mettant en jeu l'université d'Orléans et l'université Jagellonne (Cracovie).

Chef de projet d'un Projet d'Action Intégré PAI Polonium 2003 sur « L'étude de l'influence des effets anodiques et cathodiques en soudage MIG-MAG ; Diagnostics spectroscopiques et électriques d'un arc de soudage » avec le laboratoire PHTONIC, Institut de Physique, Université Jagellone, Cracovie, Pologne.

Chef de projet d'un Projet d'Action Intégré PAI Brancusi 2003 sur « les systèmes d'allumage par plasma pour moteurs automobiles » avec l'université d'Iasi en Roumanie.

Contrat de recherche LASEP-SNPE. Caractérisation de nanopoudres métalliques. 12 mars-30 juin 2004. 23000 euros.

Contrat avec la SNECMA sur la caractérisation des signaux dynamique d'un moteur ionique à effet Hall (contrat de novembre 2013 à novembre 2014). 14 000 euros.

5.2 CNU. Conseils. Commissions de spécialistes d'établissements

Membre nommé au CNU en 62^{eme} section de décembre 1995 jusqu'à ma nomination sur un poste de professeur en septembre 1998.

Membre élu depuis 1996 dans la commission de spécialistes de 62^{eme} section du CNU à l'Université d'Orléans.

J'ai été membre nommé au Conseil de Laboratoire (CDL) du laboratoire GREMI (Groupe de Recherche sur l'Énergétique des Milieux Ionisés), à l'Université d'Orléans jusqu'au 31 décembre 1997.

Membre extérieur nommé titulaire à la commission de spécialistes (30-60-62) de l'Université de Rouen en 1998, renouvelé en 2001, puis 2007.

Membre extérieur nommé à la commission de spécialistes de l'IUFM de l'académie Orléans-Tours de novembre 2001 à mars 2003.

Membre extérieur nommé titulaire à la commission de spécialistes 62 de l'Université de Limoges en mars 2007.

Élu président de la commission de spécialistes 62^{eme} section commune à l'université d'Orléans et à l'ENSI de Bourges le 8 avril 2004. Réélu le 26 mars 2007.

En 2008, élu président du comité d'experts disciplinaires 62^{eme} section (CED62), entités mises en place à l'université d'Orléans afin de définir les comités de sélection pour les postes mis au concours de recrutement.

Membre extérieur d'un comité de sélection pour un poste de professeur des universités à l'université de Limoges en mai 2010.

Président du comité de sélection du poste de professeur des universités N°0102 (sections CNU 62-63) à l'université d'Orléans (session 2009-2010).

Rapporteur pour l'attribution de la Prime d'Excellence Scientifique (PES) en 2011.

Rapporteur pour une ANR dans le domaine des plasmas d'arcs électriques en 2012.

Rapporteur pour l'attribution de la Prime d'Excellence Scientifique (PES) en 2013, section CNU 62.

5.3 Enseignement

De 1993 à 2000, j'ai assuré la présidence du jury de la Licence de Technologie Mécanique à l'Antenne Universitaire de Bourges, puis, de 1998 à 2000, également la présidence du jury de la licence de Sciences de la Production Industrielle qui a ouvert en septembre 1998 à l'antenne de la faculté des sciences à Bourges. À ce titre, je fais partie de la commission de sélection des dossiers de candidats en provenance des IUT, et postulant en Licence de Technologie Mécanique.

Depuis 1993, je suis également responsable d'un module d'énergétique en Maîtrise de Technologie Mécanique (Bourges).

Membre de la commission pédagogique de l'UFR sciences de l'Université d'Orléans.

Membre de la commission des moyens et des ressources humaines de l'UFR sciences de l'Université d'Orléans.

Responsable du master de Sciences et Technologies Expertise, Mesures, Diagnostics proposé depuis la rentrée 2004 à la faculté des sciences de Bourges.

Correspondant de l'accord de coopération signé en 2007 entre l'université d'Orléans et l'université poytechnique de Tomsk (Russie).

En septembre 2009, nommé responsable du diplôme universitaire (DU) sur l'ingénierie et la gouvernance des risques (formation portée par l'école Hubert Curien, Chambre de commerce et d'Industries du Cher).

Membre du comité d'étude pour la faisabilité d'un INSA (INSA Centre Val de Loire) depuis la rentrée universitaire 2011-2012.

5.4 Diffusion de la culture scientifique. Liaisons avec l'enseignement du second degré. Divers

Membre du groupe de pilotage d'organisation des fêtes de la science dans le département du Cher depuis 2002.

Membre du groupe de pilotage d'organisation des conférences du mardi en Région Centre dans le département du Cher depuis 2002.

Animateur d'un débat sur l'école au lycée Marguerite de Navarre (Bourges) le samedi 19 décembre 2003 sur le thème : *Comment préparer l'entrée dans l'enseignement supérieur.*

Correspondant pour le département du Cher de l'opération 2005, année mondiale de la physique et responsable du projet : *Mesure des constantes fondamentales de la physique* habilité par le comité scientifique national.

Membre du groupe de pilotage pour la mise en place de la Découverte Professionnelle 3 Heures (DP3H) dans le département du Cher depuis 2005.

Encadrement des étudiants de la faculté des sciences de Bourges impliqués dans la restitution des actes du colloque "*les entretiens de Bourges*", du 8 au 12 octobre 2006, dans le cadre du Festival International du Film Écologique de Bourges.

Co-organisateur avec le rectorat de l'académie Orléans-Tours de 5 journées de formation rectorale à destination des enseignants en sciences des lycées et collèges du Cher (période 2005 à 2007). Lieu des formations : faculté des sciences de Bourges (université d'Orléans).

Co-organisateur de l'opération « Forum Scolaire du Cher » à la faculté des sciences de Bourges le 21 mars 2008. Cette opération vient d'être généralisée à l'ensemble des départements de l'Académie Orléans-Tours.

Co-organisateur avec l'IREM Orléans-Tours de la Journée Académique des Mathématiques le 21 mars 2008 à la faculté des sciences de Bourges.

Responsable de l'opération « Égalité des Chances »en partenariat avec le lycée Allain-Fournier de Bourges, avec l'organisation d'un voyage à Cracovie (Université Jagellone) pour une vingtaine d'élèves de terminales scientifiques. Période du 31 mars au 3 avril 2008.

Porteur de projets au niveau de la faculté des sciences, Site de Bourges pour les Fêtes de la Science.

Membre du Conseil Scientifique de Centre Sciences (CCSTI de la Région Centre).

Responsable et tête de cordée d'une opération "les Cordées de la Réussite" dans le département du Cher intitulée "les sciences face à face" pendant la période 2010-2013.

Invité en qualité *de scientifique du jour*, dans l'émission de France Inter "On va tous y passer", le jeudi 25 avril 2013, pour présenter "La balance à peser la Terre".

5.5 Direction de l'antenne de l'UFR sciences à Bourges

Dans la période 17 avril 2000- 4setpembre 2013, j'ai assuré la direction de l'antenne de la faculté des sciences à Bourges, qui est une structure délocalisée à Bourges de l'UFR Sciences de l'université d'Orléans.

Elle dispense ses formations, de la Licence au Master, dans le domaine des Sciences et Technologies avec des spécialisations en Physique, Chimie, Mathématiques, Informatique, Sciences pour l'Ingénieur, Technologie Mécanique, Sciences de la Production Industrielle et Ingénierie du Retour d'Expérience.

Par convention avec l'Université d'Orléans, le Conseil Général du Cher met à la disposition de l'Université le bâtiment construit en 1990 et son extension. Il en assure la maintenance, la viabilisation, l'entretien courant (charges dites « du propriétaire » et du « locataire »).

13 enseignants et enseignants-chercheurs et un administratif de l'Université sont spécifiquement nommés à Bourges. Les autres agents administratifs et techniques (6) sont mis à disposition ou pris en charge financièrement par le Conseil Général du Cher. 1 CAE à mi-temps complète l'équipe administrative. L'équipe pédagogique est confortée par des enseignants et enseignants chercheurs se déplaçant de l'Université d'Orléans, d'enseignants de l'IUT, de l'ENSI ou d'établissements du secondaire de Bourges, et de conférenciers venant des PME-PMI.

L'offre de formation s'étend de Bac+1 à Bac+5 est proposée dans le cadre de l'harmonisation européenne LMD (Licence-Master-Doctorat) depuis la mise en place du plan quadriennal 2004-2007. Les formations proposées au renouvellement dans le cadre du plan quinquennal 2012-2017 ont été favorablement accueillies par les divers conseils universitaires.

6 Résumé des données présentées

	Total	**Période 2008-2013**
Publications dans des revues à comité de lecture	73	18
Conférences internationales	49	18
Conférences nationales	65	11
Conférences diffusion de la culture scientifique	34	10
Encadrement de stagiaires	49	13
Encadrement, co-encadrements de doc/postdoctorants	11	3
Referee d'articles	41	8
Participation à des jurys de thèses	41	14

7 Liste des documents fournis (tirés à part d'articles)

P42 **H. RABAT** and **C. de IZARRA**
Check of OH rotationnal temperature using an interferometric method.
J. Phys. D : Appl. Phys. **37**, 2371-2375 (2004).

P48 **C. de IZARRA**, **O. VALLEE**, **L. BRUNET** & **J. CAILLARD**,
Le modèle de SEDOV-TAYLOR et les zones de danger dans les installations pyrotechniques.
La lettre TI-Risques Industriels (Techniques de l'Ingénieur), 4-5, mai-juin 2005.

P63 **C. de IZARRA and J.M. GITTON**
Calibration and temperature profile of a tungsten filament lamp.
European Journal of Physics, Vol.31, 933-942 (2010).

P65 **Vladimir AN, Charles de IZARRA and Gennady SAVELIEV**
Study of nanodispersed aluminum and iron alcosols by photoacoustic spectroscopy.
Optics Communications, Vol.284, 3124-3128 (2011).

P67 **Emilie LANGLOIS-BERTRAND and C. de IZARRA**
Experimental characterization of an argon laminar plasma jet at atmospheric pressure.
J. Phys. D : Appl. Phys. **44**, 9 pages (2011).

P68 **Grégoire de IZARRA, Nuno CERQUEIRA and Charles de IZARRA**
Quantitative shadowgraphy on a laminar argon plasma jet at atmospheric pressure.
J. Phys. D : Appl. Phys. **44**, 10 pages (2011).

P72 **J. CHAPELLE, C.de IZARRA et O. VALLEÉ**, *Dynamique transitoire d'une boule arrivant sur un disque tournant*, Actes du colloque Modélisation : Atomes, Molécules, Plasmas et Systèmes Dynamiques, Presses Universitaires d'Orléans, (2013) ISBN 978-2-913454-59-0.

P73 **C.de IZARRA et O. VALLEÉ**, *Calcul des fonctions de Whittaker avec les Approximants de Padé*, Actes du colloque Modélisation : Atomes, Molécules, Plasmas et Systèmes Dynamiques, Presses Universitaires d'Orléans, (2013) ISBN 978-2-913454-59-0.